Revista de
AERO
NAUTICA
Y ASTRONAUTICA
NUM. 585 SEPTIEMBRE 1989
Entrevista con
el General MEZQUITA
Asesor Médico
del Ejército del Aire
El BAe
HAWK:
polifacético
halcón
británico
dossier: EL LASER

MINISTERIO DE DEFENSA

Nuestra portada:
Fotografía del "Premio a la mejor Colección" del Concurso de R.A.A. 1988. Autor: Capitán Carlos de Palma Arrabal.

Director:
Coronel: **Luis Suárez Diaz**
Director Honorario:
Coronel: **Emilio Dáneo Palacios**
Consejo de Redacción:
Coronel: **Jaime Aguilar Hornos**
Coronel: **José Sánchez Méndez**
Coronel: **Miguel Valverde Gómez**
Tte. Coronel: **Antonio Castells Be**
Tte. Coronel: **Joaquin Vasco Gil**
Tte. Coronel: **Yago Fdez. de Bobadilla**
Tte. Coronel: **Fco. Javier Illana Salamanca**
Comandante: **Joaquin Sánchez Diaz**
Comandante: **Julián Fernández Torregrosa**
Capitán: **Mario Martinez Ruiz**
Teniente: **Manuel Corral Baciero**
Redacción:
Teniente: **Antonio Mª Alonso Ibáñez**
Teniente: **Juan Antonio Rodriguez Medina**
Diseño:
Capitán: **Estanislao Abellán Agius**
Administración:
Coronel: **Federico Rubert Boyce**
Coronel: **Jesús Leal Montes**
(Adjunto a la Dirección)
Teniente: **José Garcia Ortega**

Publicidad:
De Nova
Teléfs.: 763 91 52 - 764 33 11

Fotocomposición e Impresión:
Campillo Nevado, S.A.
Antonio González Porras, 35-37
Teléf.: 260 93 34
28019-MADRID

Número normal ..... 290 pesetas
Suscripción semestral ..... 1.740 pesetas
Suscripción anual ..... 3.480 pesetas
Suscripción extranjero ..... 6.400 pesetas
IVA incluido (más gastos de envío)

REVISTA DE AERONAUTICA Y ASTRONAUTICA

PUBLICADA POR EL EJERCITO DEL AIRE

Depósito M-5416-1960 - ISSN 0034 - 7.647

N.I.P.O. 099-89-002-MADRID

Teléfonos:
Dirección, Redacción 244 26 12
Administración: 244 28 19

EDITORIAL 955

DOSSIER

EL LASER 985
LOS LASERES. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES. *Por José Manuel Orza Segade, Profesor de Investigación del CSIC.* 986
ARMAMENTO LASER. ¿FICCION O REALIDAD? *Por Moisés Fernández Alvaro, Comandante Ingeniero Aeronáutico* 992
APLICACIONES INDUSTRIALES DE LOS LASERES DE ALTA POTENCIA. *Por José Manuel Orza Segade, Profesor del CSIC.* 997
PRESENTE Y FUTURO DE LA OPTOELECTRONICA. SU APLICACION A LAS COMUNICACIONES OPTICAS CIVILES Y MILITARES. *Por Juan José Jiménez Lidón* 1.004
LA TELEMETRIA LASER EN EL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA. *Por Rafael Boloix Carlos-Roca, Capitán de Corbeta* 1.021
UTILIZACION DEL LASER EN MEDICINA. *Por Carlos Mora Jordá, Jefe del Servicio de Rehabilitación del Hospital del Aire* 1.030

ARTICULOS

UNA CRISIS EN EL EJERCITO DEL AIRE. *Por Ricardo Rubio Villamayor, Coronel de Aviación* 964
CRONICA DESDE NAMIBIA. "MADRID, 7.847 KM." *Por Eduardo M. Vara de Rey, Comandante Auditor* 970
ENTREVISTA CON EL GENERAL DE DIVISION DON JULIO MEZQUITA ARRONIZ, ASESOR MEDICO DEL AIRE. *Por Manuel Corral Baciero* 972
EL BAe HAWK: POLIFACETICO HALCON BRITANICO. *Por Yago Fernández de Bobadilla Bufalá, Teniente Coronel de Aviación..* 978
EL MUSEO NACIONAL DEL AIRE Y DEL ESPACIO EN WASHINGTON D.C. *Por Javier Fernández de Bobadilla Ferrer* 1.034
FOBOS: LA HORA DE LAS CRITICAS. *Por Alicia Rivera* 1.041
WREN: UN GENIAL CARICATURISTA AERONAUTICO. *Por Luis Sáenz de Pazos* 1.049

SECCIONES FIJAS

Cartas al Director 954
Aviación Militar 956
Aviación Civil 958
Industria y Tecnología 960
Espacio 962
Noticiario 1.053
Alianza Atlántica/Pacto de Varsovia 1.057
¿Sabías que...? 1.058
Semblanzas: ANTONIO CAMACHO BENITEZ. *Por Emilio Herrera Alonso, Coronel de Aviación* 1.059
La Aviación en el Cine. *Por Víctor Marinero.* 1.060
Recomendamos. *Por R.S.P.* 1.061
Bibliografía. Y, además, hemos leído 1.062
Ultima página. Pasatiempos 1.064

NUMERO 585
SEPTIEMBRE 1989

Revista de AERONAUTICA Y ASTRONAUTICA

cartas al director

El coronel médico Juan José de Prada Hernández, Director de la Policlínica del Ejército del Aire, de Sevilla, remite a esta Revista, con el ruego de su publicación, las siguientes puntualizaciones al comentario final del artículo *"Patología del oído medio en pilotos del Ala 23"*, del que es autor el comandante médico don José Luis García Alcón.

En relación con las inquietudes de tipo científico mostradas en el trabajo, y referidas a los 1986 y 1987, debo manifestar que, en la actualidad, la Policlínica de Sevilla está en condiciones de subsanar todas las dificultades de tipo diagnóstico que en el campo otorrinolaringológico puedan presentarse, tanto en el personal del Ala 23, como en el de cualquier Unidad ubicada en la 2.ª Región Aérea.

Avala esta manifestación, el evento ocurrido a partir de enero de 1989 en virtud del cual, y por gestión del Mando de Personal, se ha hecho cargo del Servicio de Otorrinolaringología un teniente coronel médico del Aire, Diplomado Militar y Civil, con gran experiencia en temas aeronáuticos y de reconocido prestigio a nivel local y nacional.

Para el desempeño de su cometido en lo tocante a los reconocimientos periódicos anuales contará, merced también al interés desplegado por el Mando de Personal, con un completo y moderno equipo de exploración que incluye, entre otro diverso material, un rino-laringo-fibroscopio de visión directa, fotoforos y fuentes de luz fría, audiómetro Amplaid 455 acoplado a cabina Amplisilence G 1 × 1, y timpanómetro-impedancímetro Amplaid 720.

Bajo el prisma de colaboración que se solicita, el personal facultativo y auxiliar de los respectivos Servicios de la Policlínica, está y estará siempre a disposición de cualquier integrante de nuestro Ejército para lo que fuere menester, al fijar como objetivo primordial la misión de mantener una óptima idoneidad en las aptitudes psicofísicas de nuestros hombres, mujeres y familias, con el firme propósito de contribuir y cooperar, desde la parcela que la Superioridad nos tiene asignada, al logro de la máxima eficacia y operatividad en nuestras Unidades. ■

VENTA EN LIBRERIAS Y KIOSCOS DE LA REVISTA

MADRID: LIBRERIA ROSALES, TUTOR, 57. KIOSCO CEA BERMUDEZ, 46. KIOSCO GALAXIA, FERNANDO EL CATOLICO, 86. LIBRERIA AGUSTINOS, GAZTAMBIDE, 77. LIBRERIA GAUDI, ARGENSOLA, 13. KIOSCO ALCALDE, PLAZA DE LA CIBELES. LIBRERIA SAN MARTIN, PUERTA DEL SOL, 6. KIOSCO AVDA. FELIPE II, METRO GOYA. KIOSCO NARVAEZ, 24. KIOSCO PRINCESA, 6. LIBRERIA DE FERROCARRILES. KIOSCO PRENSA PRYCA, MAJADAHONDA. **ALBACETE**: LIBRERIA "ALBACETE RELIGIOSO", MARQUES DE MOLINS, 5. **BARCELONA**: SOCIEDAD GENERAL ESPAÑOLA DE LIBRERIA, AVILA, 129. BILBAO: LIBRERIA "CAMARA", EUSKALDUNA, 6. **CADIZ**: LIBRERIA "JAIME", CORNETA SOTO GUERRERO, S/N. **CARTAGENA**: REVISTAS "MAYOR", MAYOR, 27. **CASTELLON**: LIBRERIA "SURCO", TRINIDAD, 12. **LA CORUÑA**: LIBRERIA "CONTINENTAL", AVDA. JOSE ANTONIO, 2. **MALAGA**: LIBRERIA "JABEGA", SANTA MARIA, 17. **OVIEDO**: LIBRERIA "GEMA BENEDET" MILICIAS NACIONALES, 3. **PALMA DE MALLORCA**; DISTRIBUIDORA ROTGERS, CAMINO VIEJO BUÑOLAS, S/N. **SANTA CRUZ DE TENERIFE**: LIBRERIA RELAX, RAMBLA DEL PULIDO, 85. **SANTANDER**: LIBERIA "ELE", MARQUES DEL ROBRERO, 11. **SEVILLA**: JOSE JOAQUIN VERGARA ROMER, VIRGEN DE LUJAN, 46. **VALENCIA**: KIOSKO "AVENIDA", AVDA. JOSE ANTONIO, 20. **ZARAGOZA**: ESTABLECIMIENTOS "ALMER", PLAZA INDEPENDENCIA, 19.

LOS CONCEPTOS EXPUESTOS EN LOS TRABAJOS PUBLICADOS EN ESTA REVISTA REPRESENTAN LA OPINION PERSONAL DE SUS AUTORES

Editorial

Necesidad de preparación continua del Oficial

CONSIDERANDO la preocupación constante que debe tener el Oficial para completar su preparación y formación a lo largo de su carrera militar como un proceso ininterrumpido y progresivo de aumento de conocimientos y experiencia, y considerando, asimismo, la necesidad que siente el Ejército del Aire de aprovechar al máximo los recursos humanos, se debe tender a una enseñanza bien definida y programada en cuanto a sus áreas de formación, para evitar dispersión de esfuerzos, reiteraciones innecesarias o vacíos en ciertas áreas.

Es tarea a afrontar y un reto inmediato, el compaginar los legítimos intereses individuales y la suprema servidumbre a la que todos los miembros de las Fuerzas Armadas están subordinados. Ha de tenderse al equilibrio entre satisfacer las aspiraciones de los sujetos y la búsqueda de la mayor eficacia de la organización, aprovechando al máximo el personal. La organización debe tratar de proporcionar, en la medida de lo posible, los recursos materiales para la formación del personal y debe emplear al ya formado de manera que se obtenga de él el mayor rendimiento con el menor coste posible.

Por otro lado, cada invididuo ha de estar impregnado del espíritu de las Reales Ordenanzas para las Fuerzas Armadas, las cuales dan vida a un estilo que ha de caracterizar al militar.

La abnegación, el amor al servicio y la honrada ambición marcados en el Artículo 31, son como una guía que obliga a cada militar a desear ser cada vez más eficaz, para lo cual siempre ha hecho falta la preparación y formación, pero hoy más que nunca, dada la creciente complejidad de los medios materiales.

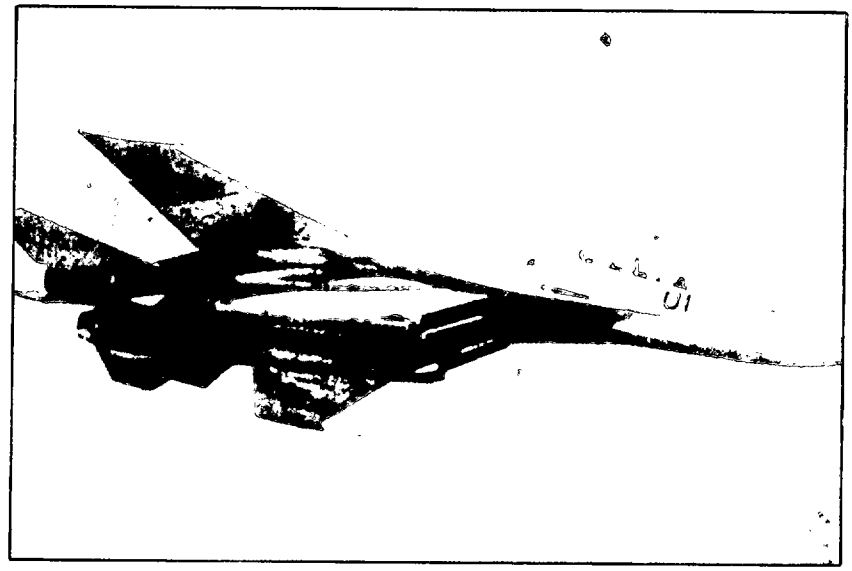
La interpretación que ha de darse, por tanto, a la formación permanente, no es la de acaparar cursos, títulos o diplomas que luego no se van a ejercer; sino más bien, la de prepararse en áreas específicas, profundizar en dichas áreas y rendir dentro de esos campos el mayor tiempo posible.

Tengamos en cuenta que el pueblo español tiene derecho a exigir que su contribución a la Defensa Nacional se haga de la manera más económica posible, y en ese sentido no solamente se han de economizar medios materiales sino, lo que es más importante, han de economizarse hombres y el tiempo que se emplea en prepararlos. ■

EL FLANKER C BIPLAZA

Según ha manifestado el contraalmirante THOMAS BOOKS, a principios de este año, es probable que un ala de FLANKERs entrará en servicio en la Aviación Naval Soviética a principios de 1990.

Se ha comprobado la existencia de una versión biplaza de entrenamiento, por lo que debería ser denominada como FLANCKER C. Al parecer, la Unión Soviética está utilizando este modelo como plataforma de investigación y ensayo, a fin de desarrollar una caza biplaza y polivalente, similar en capacidad al F-15E STRIKE EAGLE norteamericano. En este sentido conviene recordar que la Aviación Militar Soviética ya adquirió una gran experiencia con el MiG-31 FOXHOUND, modelo derivado del MiG-25, para poner a punto tripulaciones integradas por piloto y operador de armas.



El FLANCKER C lleva idénticos motores que los aviones de la serie B, los Tumansky R-32, denominados en la prensa de la URSS como AL-31F. En una entrevista publicada en *IZVESTIA*, el diseñador de los mismos, V. Chepkin, ha dicho que "los dos turbofanes son hermanos de los que equipaban al P-42 y que le permitieron batir las marcas del mundo que poseía el F-15. Otras modificaciones están previstas", continúa diciendo el ingeniero soviético, "por lo que motores de mayor eficiencia y rendimiento serán desarrollados y fabricados antes de 1995".

La primera fotografía de que se dispone del FLANCKER C, muestra que mantiene una visibilidad excelente, sin necesidad de tener que utilizar el tripulante del asiento posterior un periscopio como el instalado en el FULCRUM B de doble mando, para el rodaje o durante las maniobras para despegue y aterrizaje del avión.

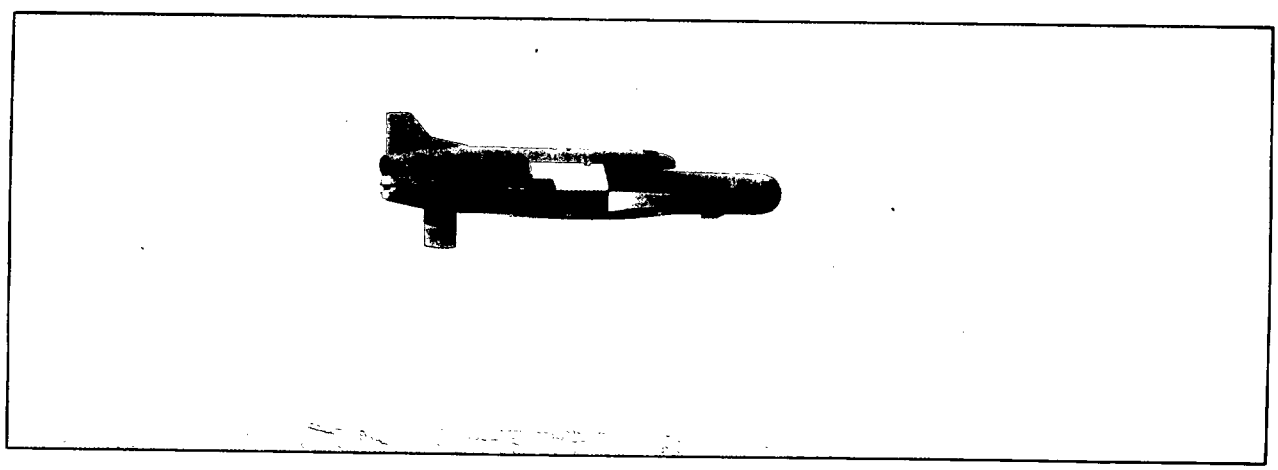
También y a diferencia del FULCRUM B, el C biplaza conserva el radar Doppler de impulsos de la versión monoplaza, lo cual permite deducir que además de servir como entrenador, podrá emplearse en misiones de combate.

EL MISIL "RAINBOW"

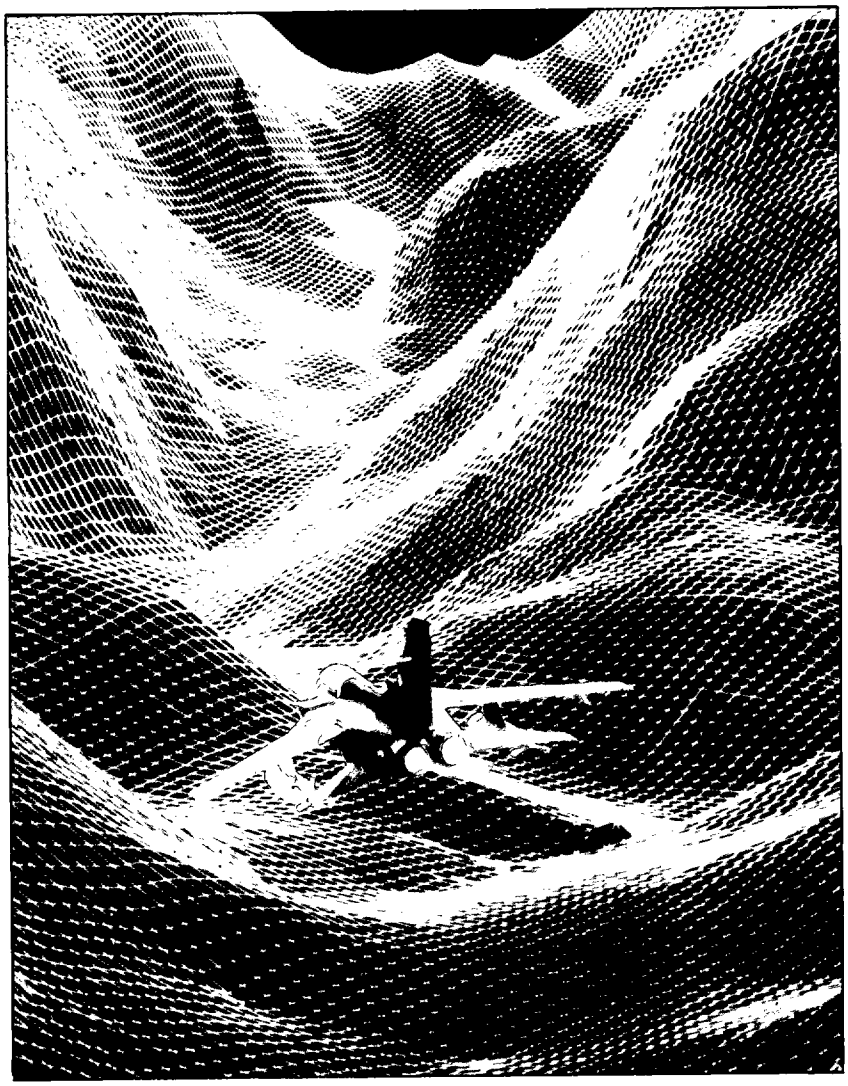
El misil táctico "Rainbow" es una de las nuevas armas ofensivas "inteligentes", que se encuentra en plena producción en la industria Northrop, para ser entregado a la Marina de los Estados Unidos.

Este misil del tipo "lanza y olvida", opera de forma totalmente autónoma desde el momento de su lanzamiento. Además, puede mantenerse en vuelo durante determinados períodos de tiempo y luego automáticamente atacar y destruir los radares de defensa aérea y otros objetivos del enemigo.

Los lanzamientos de prueba se están llevando a cabo desde aviones B-52 y A-6E.



EL TERPROM SALVA VIDAS Y AVIONES



Para sobrevivir hay que volar bajo, de día y de noche y, en todo tiempo.

Muchas veces hay que realizar ataques automáticos a baja cota sin referencia a ayudas a la navegación exteriores. No obstante, son pocos los aviones actuales que tienen esta posibilidad, y los que la poseen deben confiar en radares de observación hacia adelante y de evitación del terreno que, al ser activados, alertan al enemigo y ponen en aviso a sus defensas .

Para resolver este dilema, British Aerospace ha creado el Terprom, el cual consiste en un sistema de adaptación al perfil del terreno que hace posible una navegación muy precisa, el seguimiento pasivo del terreno y el aviso de su proximidad, sin asistencia externa ni emisiones electrónicas hacia adelante.

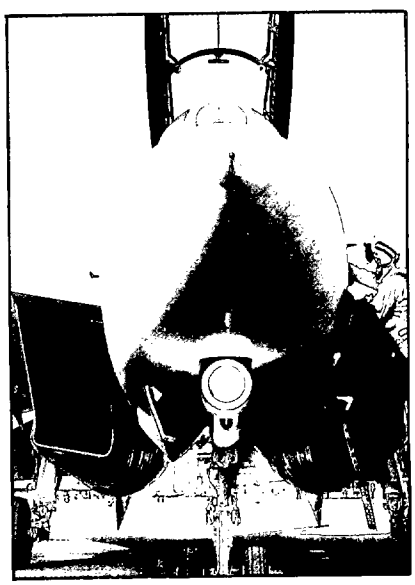
El elemento esencial del Terprom es un ordenador que almacena un mapa digitalizado del terreno. Dispone de una interfaz con el sistema de navegación del avión, y uno y otra facilitan la altura prevista sobre el suelo en cualquier punto de la trayectoria de vuelo. Esta predicción puede compararse con la altura real media con un altímetro radárico, y la diferencia entre las altitudes real y prevista se usa para corregir las indicaciones del sistema de navegación.

Una característica importante del sistema Terprom es su capacidad para planificar la misión. Esto hace posible que la tripulación estudie el terreno y proyecte con antelación la ruta más eficaz hacia el objetivo. Los mapas son muy detallados y, además de datos del terreno con todas sus curvas de nivel, ofrecen detalles de edificios, aspectos ecológicos, líneas de transmisión de energía eléctrica y otros factores importantes para una tripulación que vuela bajo y a gran velocidad.

De este modo, se puede seleccionar una ruta hacia un determinado objetivo para desplazarse con la máxima seguridad, sin ser detectado, a muy bajos niveles siguiendo los contornos del terreno y salvando o evitando obstáculos. Aunque la ruta se traza usando puntos de referencia, el ordenador puede completar esa ruta adaptándola a las características de vuelo del avión.

UN NUEVO OJO PARA EL "TOMCAT"

La cámara de televisión de Northrop Corporation (TCS), debajo del morro del USNavy F-14 Tomcat, permite a la tripulación ver a distancias de hasta diez veces de las conseguidas con la visión normal. Además permite saber si el aparato que se acerca es "amigo o enemigo", "friend or foe". Northrop ha entregado más de 350 TCS a la Navy, cuyos datos de mantenimiento de campo muestran que el sistema TCS cumple los requisitos de fiabilidad en más de un 75%. El Tomcat tiene su base en la Base Aérea Naval de Miramar, en San Diego, California.



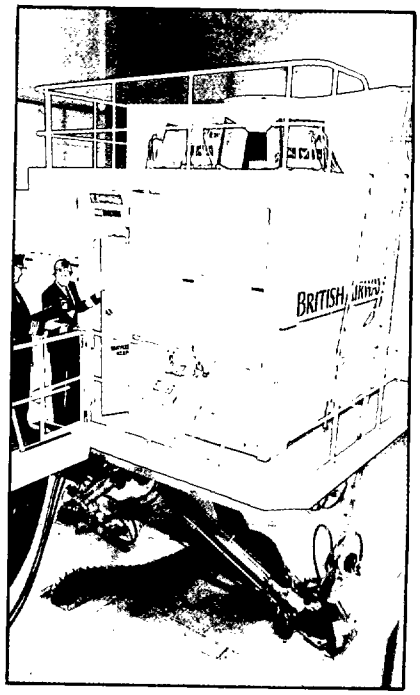
NUEVO SIMULADOR DE VUELO PARA LOS PILOTOS DE BRITISH AIRWAYS

En este simulador, que lleva incorporado un nuevo sistema visual de luz diurna, han comenzado su capacitación los pilotos de British Airways seleccionados para hacerse cargo del Boeing 747-400, el mayor avión de línea jamás construido, que, en breve, entrará a formar parte de la flota de British Airways.

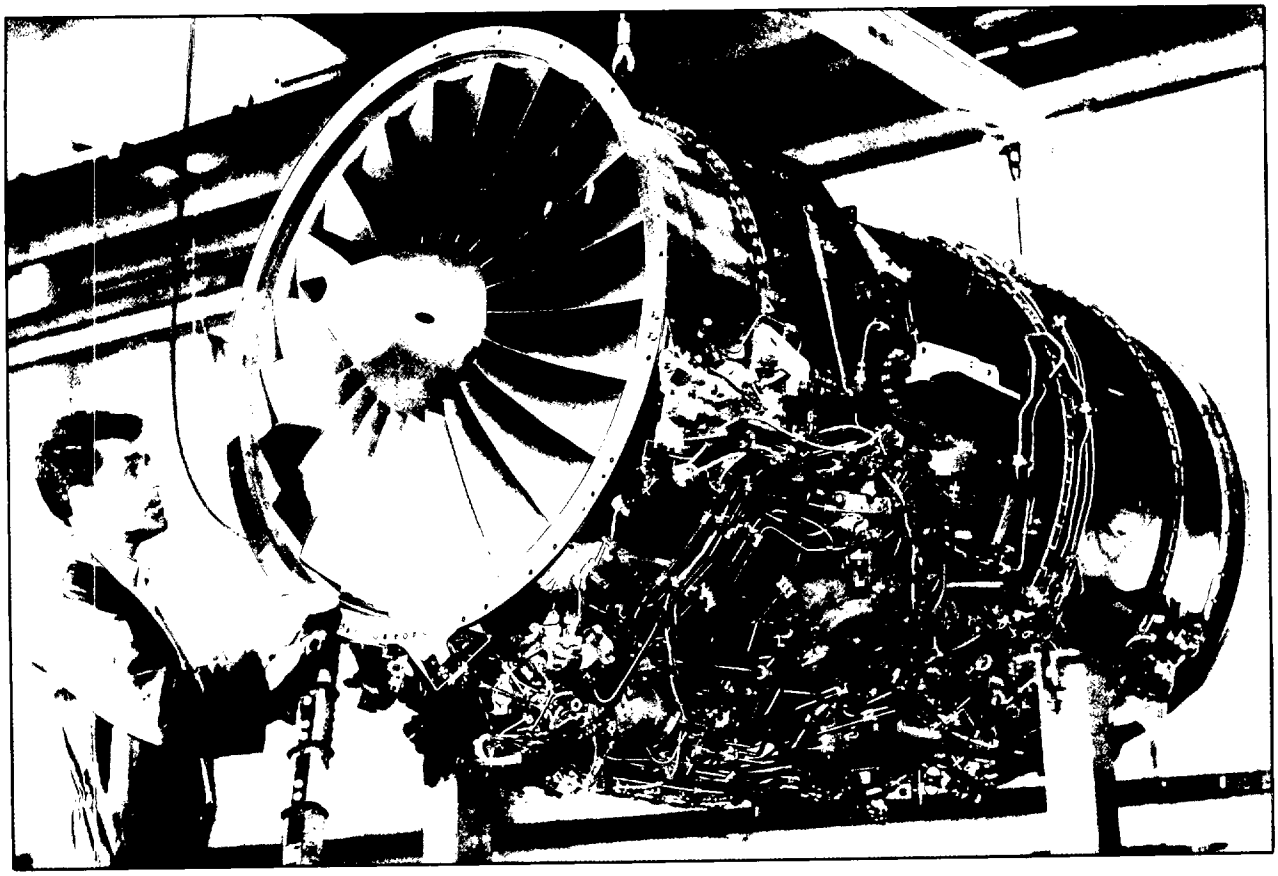
Construido por Rediffusion, el nuevo simulador reproduce fielmente todos los sistemas y características de manejo del avión real, tanto en tierra como en el aire, contando con el más reciente sistema visual computadorizado "envolvente". El sistema proyecta imágenes de aeropuerto con luz diurna y nocturna sobre una amplia pantalla, proporcionando a los pilotos una visión continua de 150°, factor que contribuye a mejorar el realismo y la capacidad de preparación, a la vez que hace posible la realización en el simulador de procedimientos de vuelo especiales, que en la actualidad tienen que aprenderse en un avión real, sin tener que dejar tierra. Su avanzada tecnología ha conseguido un equilibrio entre la simulación de condiciones diurnas y crepusculares o nocturnas, que resultaban más fáciles y menos costosas de reproducir. Ahora los pilotos podrán recibir en el simulador sus comprobaciones de calificación de ruta para aeropuertos tales como Hong Kong y Bogotá. También estará certificado para adiestramiento en vuelo de tiempo cero. El simulador incluye un moderno control digital al tacto y sistemas digitales de movimiento, junto con una fiel simulación de las características de la cubierta avanzada de vuelo del avión 747-400.

Para la entrada en servicio del nuevo Boeing será necesario contar con 100 pilotos capacitados y con otros 200 para abril de 1990. Estos pilotos serán seleccionados, en su mayor parte, entre los pilotos actuales.

Su coste es de 12 millones de libras esterlinas, unos 2.400 millones de pesetas.



VOLVO SE UNE AL PROGRAMA TAY DE ROLLS-ROYCE



Rolls-Royce y Volvo Flygmotor de Suecia colaborarán en la gama de motores Tay turbofan, bajo un acuerdo de compartir riesgos y beneficios, según se anunció ayer día 20.

Volvo participará con un 3% en los programas Tay 610/611, 620 y 650, en los cuales fabricarán las cámaras de combustión, así como un 6% de participación en el Tay 670, en el que fabricarán los armazones del compresor intermedio. Volvo también fabricará piezas similares para el motor Spey.

Los motores Tay cubren una gama de empuje desde 14.000 a 18.000 libras. Los Tay 610, 611 y 620 ya han realizado más de 50.000 horas de excelente servicio en los reactores Gulfstream GIV y Fokker 100, mientras el más potente Tay 650, entrará en servicio también en el Fokker 100, en junio 1989.

Volvo es el segundo socio que entra a trabajar con Rolls-Royce en el programa Tay. Bajo un acuerdo de compartir riesgos y beneficios, firmado en noviembre de 1988, Alfa Romeo-Avio tomó una participación del 6,4% en el programa Tay 670.

ADECUACION DE AEROPUERTOS

El Ministerio español de Transportes tiene previsto invertir cerca de medio billón de pesetas en aeropuertos, de aquí al año 2000.

La finalidad es la de adecuar los aeropuertos, agilizando los controles y procedimientos de despacho de pasajeros, carga y correo, ya que se espera que el tráfico se duplicará en el año 2000, hasta alcanzar los dos mil millones de pasajeros.

El Plan se efectuará en dos fases, la primera, que abarca hasta 1992, ya está en marcha. Los aeropuertos de Barcelona, Sevilla y Málaga se beneficiarán de la tercera parte de las inversiones. Se incluye en el Plan, la construcción de un nuevo aeropuerto en la isla de Gomera.

LA FATIGA Y EL MANTENIMIENTO

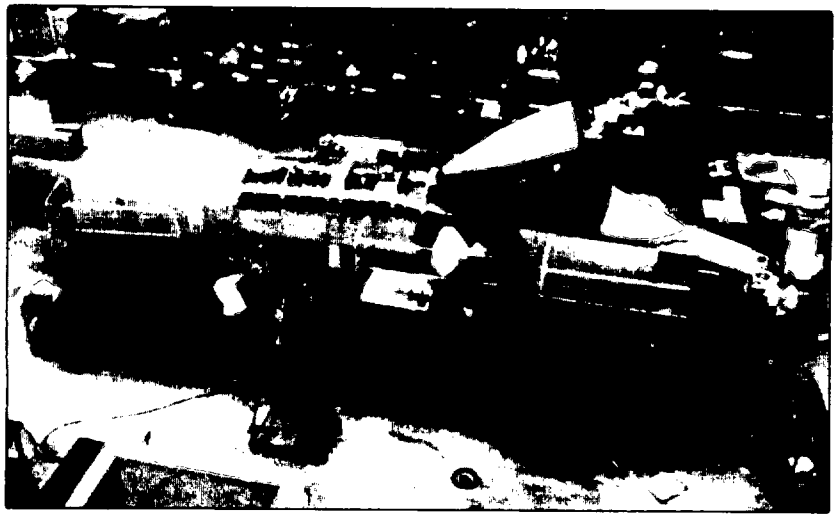
Los últimos aterrizajes de emergencia, en el mundo, debidos a roturas o desprendimientos por fatiga de material, han demostrado que fueron debidos a retrasos y fallos en las revisiones y el mantenimiento de dichos aviones.

Hoy, sin embargo, continúan volando la gran mayoría de los aviones DC-3 que salieron de fábrica en la década de los 30. Con un buen mantenimiento, no aparece la fatiga. En Barajas existen 220.000 metros cuadrados cubiertos, para reparación de motores y otras piezas del avión, y el horario de trabajo en estas instalaciones es de 24 horas al día.

PROYECTO DE AVION DE TRANSPORTE REGIONAL

C.A.S.A. ha firmado un acuerdo con el consorcio ATR, que está compuesto por Aeritalia y Aeropatiale, mediante el cual se comprometen a realizar estudios con miras a conseguir un nuevo modelo de avión de transporte regional de 80 a 100 plazas, que podría denominarse ATR-92. Aún no están designados los motores que lo van a propulsar.

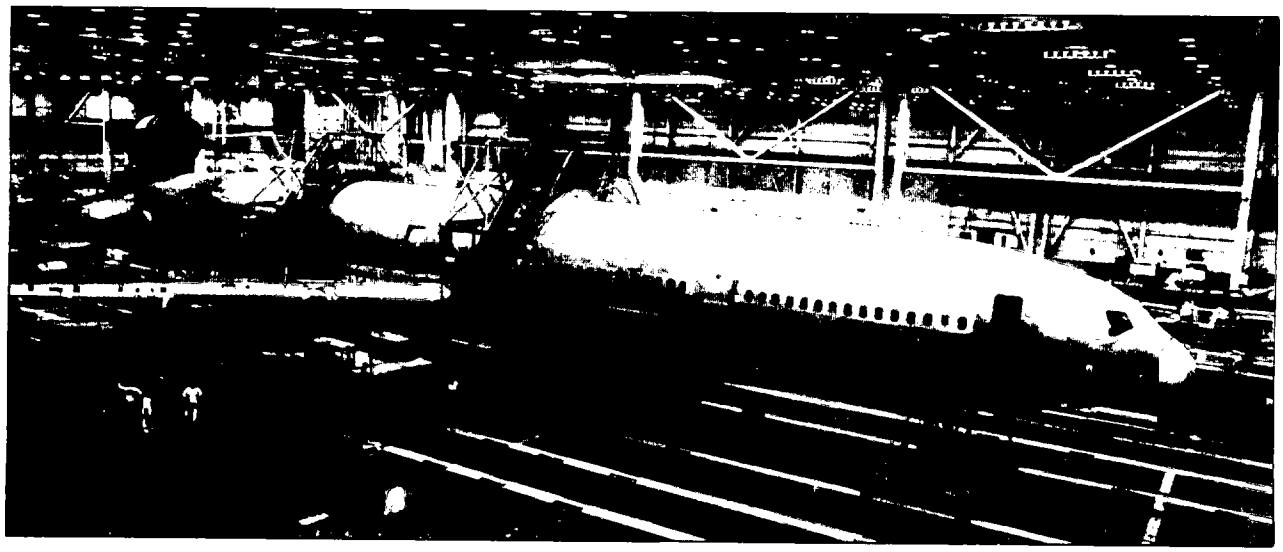
X-31: PRIMER VUELO PREVISTO PARA DICIEMBRE



El X-31A es el primer avión experimental desarrollado conjuntamente por las empresas Rockwell International (USA) y MBB (RFA) bajo los auspicios de las agencias de investigación norteamericana (DARPA) y alemana (DFVLR). El objeto del programa es la investigación de dispositivos y aerodinámica para aplicaciones a aviones de combate de alta maniobrabilidad.

El programa sigue su curso con la producción de dos aparatos, uno que se fabricará en las instalaciones de la Rockwell en Palmdale (California), y otro, en Alemania (MBB). El vuelo del primero de éstos está previsto para el próximo mes de diciembre y el montaje final del prototipo está a punto de concluirse.

ENSAMBLAJE FINAL DEL MD-11 CON COMPONENTES ESPAÑOLES



En la fábrica de McDonnell Douglas en Long Beach, California, tiene lugar el acoplamiento de los estabilizadores horizontales de cola, fabricados en Andalucía por Construcciones Aeronáuticas (CASA), al fuselaje del MD-11, nuevo trirreactor de largo recorrido.

El primer vuelo del MD-11, avión del que se han vendido más de 250 unidades, está programado para este verano, y sus entregas a las compañías aéreas se iniciarán en 1990.

ROLLS-ROYCE DESARROLLA UNA VERSION AVANZADA DEL MOTOR PEGASUS

La compañía británica Rolls-Royce ha comenzado el desarrollo de un nuevo motor derivado del actual Pegasus que equipa a la familia de aviones de aterrizaje y despegue vertical "Harrier". En la actualidad la versión más avanzada del Pegasus, denominada II-61, está siendo probada en los bancos de ensayos de Rolls y, próximamente, comenzará el programa de ensayos en vuelo en Gran Bretaña y USA (B.A. de Edwards, California). Estos motores equiparan las versiones de los AV-8B de la Infantería de Marina de los EE.UU. a partir de 1990, denominadas "Harrier 2 Plus", que contarán con revisores avanzados de ataque (versión Nigt Attack) e incluso un radar (versión del APG-65 que equipa el F.18).

El nuevo motor proporcionará unas 3.000-4.000 libras de empuje adicionales a la versión II-61, lo que supondrá un empuje de unas 28.000 libras y abrirá un abanico de posibilidades a futuros desarrollos del "Harrier", que cubrirán el segmento entre la actual generación subsónica de aviones STOL y una versión avanzada supersónica (ASTOVL, Advanced Short Take off/Vertical Landing) cuyo requisito operativo se anticipa para la primera década del próximo siglo.

Las modificaciones al II-61 se llevarán a cabo en dos etapas, la primera de las cuales consistirá en un aumento de las temperaturas de funcionamiento actuales del motor y, una segunda, que consistirá en añadir un cuarto escalón de compresión para aumentar la presión de descarga del fan.

El objetivo final de la compañía es que este motor empiece a prestar servicio hacia 1996.

SUPERCONDUCTORES PARA ORDENADORES

Un ordenador del tamaño de un terrón de azúcar podía fabricarse utilizando elementos superconductores. En esa dirección se dio un paso en el Instituto de Física General de la Academia de Ciencias de la URSS, donde se ha confeccionado, a base de superconductores, un conmutador rápido de las señales lógicas "0" y "1". Unieron dos tiritas paralelas de materiales superconductores con una especie de puente de metal corriente. Bajo las condiciones que aseguran la superconductividad, la corriente, sin resistencia de ninguna clase, fluye también por dicho puente. Cuando se perturba el estado superconductor, instantáneamente aparece la resistencia del puente metálico. La tensión, en el paso de un material a otro, aumenta a saltos. Por los saltos de tensión se representan las señales lógicas. Para la confección de dichos conmutadores se pusieron a punto tecnologías nuevas en principio.

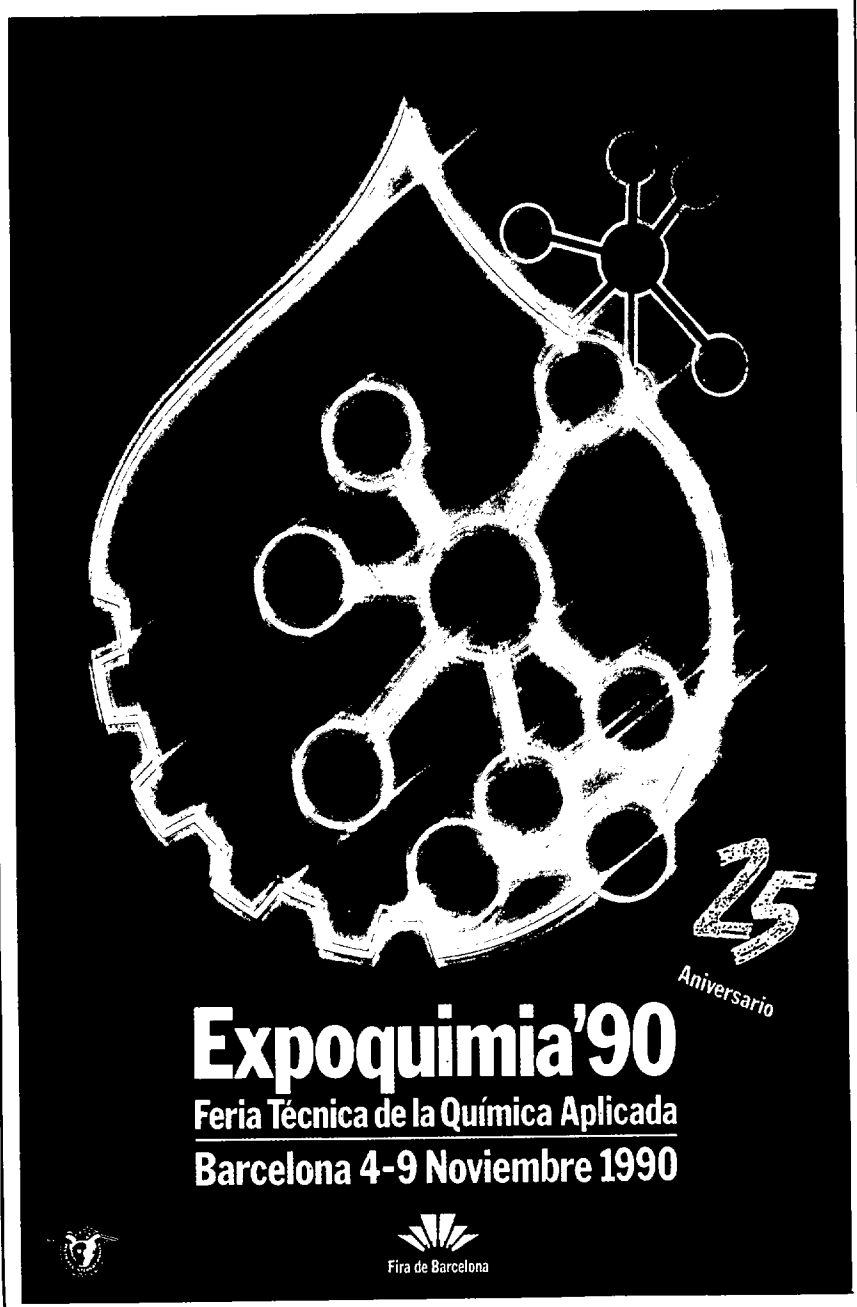
LOS MICROCONTACTOS: NUEVO METODO DE INVESTIGACIONES FISICAS

Los microcontactos —hilos metálicos, invisibles y mil veces más finos que el pelo humano— son capaces de conducir a bajas temperaturas corriente de gran intensidad. Y, además, no se calientan. Tal resultado fue obtenido por científicos del Instituto Físico-Técnico de Bajas Temperaturas de la Academia de Ciencias de Ucrania.

La investigación se asienta en un descubrimiento hecho por científicos de Járkov y Moscú. El pasado año, el profesor Igor Yanson, uno de sus autores, se hizo acreedor al premio de la Sociedad Física Europea, por descubrir y desarrollar un nuevo método experimental: la espectroscopía de microcontactos, que permite fabricar tales microconductores. El dispositivo que se utiliza para formar microcontactos pesa sólo un kilo.

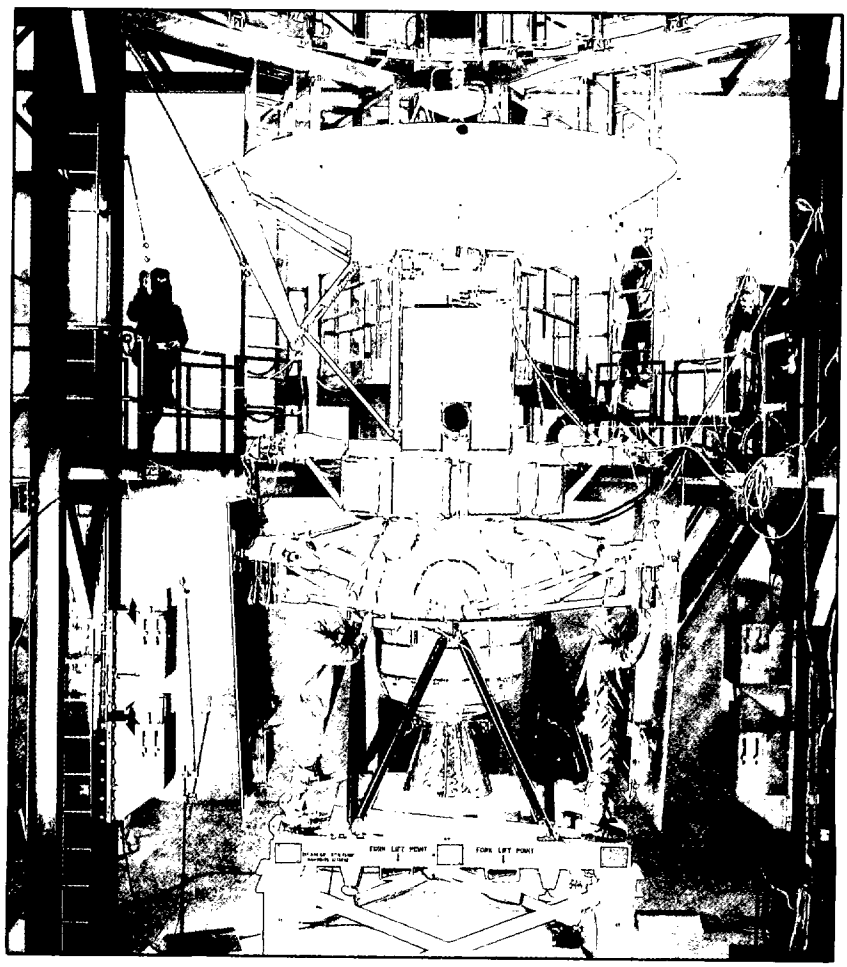
Aplicando este método, se puede investigar la finísima estructura de cuerpos sólidos, cristales, capas minúsculas y cadenas de átomos. También existe la posibilidad de seleccionar materiales de estructura deseada y dar con el quid de la enigmática naturaleza de la superconductibilidad a altas temperaturas. Ahora los científicos han comenzado a aplicar este método para investigar monocristales artificiales con propiedades programadas. Ya se demostró que dichos materiales conservan mejor que otros la capacidad estable de transmitir la corriente.

SALON INTERNACIONAL DE LA QUIMICA



Del 4 al 9 de noviembre de 1990, se celebrará en Barcelona, EXPOQUIMIA'90. Ocupará una superficie de 40.000 metros cuadrados, frente a los 32.000 de la edición anterior. En la medida de lo posible, y con el fin de facilitar la visita al certamen, se procurará realizar una distribución temática y por grupos de artículos, creando de esta forma, puntos de interés. Este certamen tiene interés, ya que se cumplen 25 años desde que se celebró el primero, en 1965. Al mismo tiempo se celebrarán, en paralelo, EQUIPLAST y EUROSURFAS, por lo que está previsto que el conjunto de la Exposición supere los 60.000 metros cuadrados, con la participación de 1.500 expositores y una asistencia de unos 150.000 visitantes. EQUIPLAST está dedicada a maquinaria y equipo para las industrias transformadoras de plástico y caucho, y EUROSURFAS, es un encuentro internacional del sector de tratamiento de superficies.

"MAGALLANES" CAMINO DE VENUS



El 28 de abril la NASA retomaba el camino de Venus, abandonado hace más de una década tras los lanzamientos de la sondas MARINER, VIKING y VOYAGER.

El proyecto "Magallanes", con un coste de 64.000 millones de pesetas, que había sido abandonado en 1982 y reiniciado en 1984, empezaba ese día su viaje hacia el planeta tras ser lanzado desde el transbordador "Atlantis".

Está previsto que la sonda "Magallanes" llegue a Venus en agosto de 1990, tras haber dado dos vueltas al Sol. Allí será situado en una órbita de gran excentricidad (250-8.000 kms., de 189 minutos de duración), para desarrollar diversas misiones de captación de información del planeta durante 243 días, de los cuales se espera disponer de 160 operativos por la posición del Sol y los Planetas en esas fechas.

En ese período obtendrá datos de radiometría, altimetría y gravitación, así como un mapa del 90% de la superficie de Venus. Para desarrollar sus misiones, "Magallanes" dispone de diversos equipos de muy altas características, entre los que se incluyen:

— Un radar de apertura sintética con una antena de 3,65 metros, que permitirá captar imágenes con una resolución de 250 metros, a la par que medirá las emisiones térmicas procedentes de la superficie.

— Sensores para atravesar capas de gases y captar informaciones que no se pueden obtener por medios ópticos.

— Equipos para medición de gravedad.

Toda la información recibida —4 veces más que toda la obtenida hasta el presente sobre Venus—, será enviada en tiempo real a las estaciones de espacio lejano que posee la NASA en tierra, Madrid entre ellas, con una capacidad superior al cuarto de millón de bytes por segundo.

EN ORBITA

La República Popular de China ha puesto en órbita su cuarto satélite, segundo de telecomunicaciones, con el fin de evitar la actual dependencia de la TV china de satélites extranjeros para garantizar su difusión al conjunto del territorio chino.

Dos de abril de 1989.—El trigésimo lanzamiento de "Ariane", último del lanzador "Ariane-2", puso en órbita con éxito el satélite escandinavo de teledifusión directa "Tele-X", que comenzará a ser operativo el próximo mes de agosto.

Veintisiete de abril de 1989.—La URSS pone en órbita el satélite francés "Fotom" para producción experimental de semiconductores y sustancias libres de toda contaminación, dentro de un programa de estancia en el espacio de 16 días y posterior recuperación.

Veintiocho de abril de 1989.—Un lanzador "Ariane-4" pone en órbita dos satélites de telecomunicaciones: el japonés "Superbird" y el alemán "Kopernicus".

Veintiocho de abril de 1989.—El lanzamiento del transbordador espacial estadounidense "Atlantis" permite poner en el espacio la sonda "Magallanes" dirigida al Planeta Venus, donde llegará en agosto de 1990 si todo se desarrolla de acuerdo al programa previsto. Con este lanzamiento la NASA retoma su programa científico planetario, abandonado desde 1978.

Seis de junio de 1989.—Después de varias demoras fue lanzado el Ariane número 31 con la máxima carga útil transportada hasta el presente, que requirió el esfuerzo de los propulsores del cohete.

Su misión era poner en el espacio dos satélites, uno japonés y otro alemán.

El satélite japonés de telecomunicaciones "Superbird" ha sido fabricado por Ford para Mitsubishi y está destinado a comunicaciones telefónicas y transmisiones de datos y señales cubriendo todo el archipiélago nipón. El satélite "Kopernikus" pertenece a la administración de telecomunicaciones de la Alemania Federal y posibilitará una mayor difusión de señales de televisión.

Once de junio de 1989.—Un cohete "Delta" lanzado desde Cabo Cañaveral situó en el espacio, después de cinco anulaciones anteriores, el segundo satélite de los 21 previstos en 1992 para la red NAVSTAR.

Con un coste de 8.300 millones de pesetas y un peso superior a los 1.500 Kgs., el satélite está especializado en la orientación para móviles terrestres y cuenta, entre otros equipos, con un reloj atómico cuyo margen de error estimado es de un segundo cada 300.000 años.

Catorce de junio de 1989.—La USAF pone en órbita el mayor satélite de alerta temprana operativo hasta el presente utilizando, por primera vez, un lanzador "Titán IV", el mayor de los usados por el sector militar norteamericano.

LOS SATELITES PERMITEN YA LAS COMUNICACIONES TELEFONICAS DESDE AVION

Un hito para lograr la total operatividad de las comunicaciones privadas desde aviones comerciales quedó establecido el pasado 14 de febrero cuando, por primera vez, se realizó una llamada telefónica desde el avión de British Airways G-BDXL, Boeing 747-200, en vuelo Londres-Nueva York, conectando en directo con el programa de televisión "El mundo del mañana" de la BBC, a través del satélite de INMARSAT Marecs-B2, situado sobre el Atlántico, y de la estación terrestre de Goonhilly.

Aunque no son posibles otros servicios, que llegarán, como Télex o transmisión de datos, este avión, al cual se unirá otro de la flota de BA en este servicio durante el presente año, ya permite dar servicio telefónico directo a los pasajeros para llamadas aire-tierra, los cuales pueden acceder a su uso a través de tarjetas de crédito en la zona de cobertura atlántica de la red INMARSAT.

El equipo instalado dispone de cuatro teléfonos, con tres antenas, dos para transmisión y una para recepción, desarrolladas por la compañía Racal para el Centro Espacial Británico, BNSC.

Durante el primer mes de utilización se realizaron llamadas a 24 países, en esta fase que se considera de prueba, habiéndose fijado un coste de 1.100 pesetas por minuto de conferencia, con un mínimo de tres minutos.

Para finales de año se espera que otras compañías aéreas incorporen este servicio, especialmente a partir de la puesta en funcionamiento de nuevos aviones ya equipados en fábrica con sistemas para facilitar las comunicaciones privadas de los pasajeros, lo que significará un expansión del servicio a partir de 1990.

PRESENTACION DE LA MISION TRIPULADA D-2 DE LA REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA

Casi 50.000 millones de pesetas dedicará la RFA a la misión tripulada D-2, que pretende poner en el espacio durante 1991 a dos astronautas, ochenta y cuatro investigaciones y dos satélites alemanes.

D-2 será lanzada a través del transbordador norteamericano, dentro de un programa de cooperación entre las dos naciones. Su permanencia está prevista en 9 días y el objetivo es exclusivamente científico, contando con experimentos sobre gravitación, soporte de la vida, procesos, biología, física de materiales y robotización, que han sido presentados por casi cuarenta centros de investigación y enseñanza alemanes y nueve empresas.

Entre los experimentos de empresas figura el de una importante compañía alemana dedicada a la fabricación de cerveza, que espera conseguir una cerveza de mayor calidad a través de procesos desarrollados en ambiente de gravedad neutra.

Respecto a los dos astronautas-científicos, especialistas de carga, alemanes que acompañarán a los experimentos al espacio, para su seguimiento, la RFA tiene actualmente cinco precandidatos: tres físicos, una médica y una meteoróloga, entre los cuales se seleccionarán durante el presente año los dos que tengan que incorporarse al equipo de la NASA.

TERCERA GENERACION DE SATELITES INMARSAT

Los miembros de INMARSAT han manifestado su decisión de poner en órbita a mediados de los años 90 una nueva generación de satélites para atender la gran demanda de comunicaciones móviles que se está produciendo por la incorporación de nuevos servicios. Así, se espera para 1993, un crecimiento del 30% en las llamadas telefónicas, por la incorporación de equipos en aviones civiles, estimándose este incremento en el 49% para el año 2005.

Esta decisión se ha tomado sólo un año después del lanzamiento del primer INMARSAT de la segunda generación y prevé tres o cuatro satélites básicamente, con posibilidad de desarrollar hasta nueve, según se ha expuesto a los fabricantes a la hora de solicitarles ofertas, indicándose que cada satélite debe tener un peso entre 1.800 y 2.400 kgs. y soportar equipos que permitan el desarrollo de terminales ligeros para comunicaciones desde móviles o superficie, dejando abiertas las posibilidades de crear una red civil que complemente a las militares norteamericana y soviética para determinar la posición, así como dar servicio entre dos móviles a través de banda L.

Una crisis en el Ejército del Aire

RICARDO RUBIO VILLAMAYOR,
Coronel de Aviación

INTRODUCCION

COMO cualquier otro organismo, el Ejército del Aire a través de su corta historia ha pasado por diferentes períodos de crisis, los cuales han afectado su operatividad. Así, al finalizar la Segunda Guerra Mundial, la carencia de combustible dejó prácticamente en el suelo a sus Unidades de FF.AA. Posteriormente, a mediados de los años cincuenta, la transición de nuestros anticuados medios aéreos a los modernos de la era del reactor, con todo lo que este cambio de mentalidad suponía para pilotos y especialistas, también significó un gran vacío operativo.

Actualmente, y por un fenómeno que no es nuevo, el Ejército del Aire está sufriendo, quizás, una de las peores crisis de su historia por escasez de pilotos, motivada sobre todo por su petición de pase a las Líneas Aéreas, con ocasión de la fuerte demanda que ha producido el difícilmente previsible "boom" del transporte aéreo iniciado en 1987.

En este sentido cabe hacer constar que la pérdida de pilotos militares por estas circunstancias se produce, hoy día, en la práctica totalidad de los países, originando serios problemas a sus Fuerzas Aéreas.

ANTECEDENTES

En España, como en la mayoría de los países, las trayectorias de las aviaciones civil y militar han estado íntimamente ligadas a lo largo de su historia. Uno de estos vínculos entre ambas y probablemente el más importante ha sido el intercambio de personal de vuelo. En este sentido basta indicar que hasta 1977, fecha en que se creó el Ministerio de Transporte, la Subsecretaría de Aviación Civil, órgano que regula las actividades de las Empresas Civiles de Transporte Aéreo, pertenecía al entonces Ministerio del Aire.

Al estar ambas partes (Civil y Militar) bajo una misma autoridad, se puede decir que si bien las Líneas Aéreas se nutrían principalmente de pilotos militares, nunca estas aportaciones de personal representaron un grave problema para el Ejército del Aire, pues incluso cuando las empresas pasaron por momentos de gran

expansión, como ocurrió en 1968 y 1970, el Ejército regulaba sin dificultad esta pérdida de pilotos.

Es decir, el hecho de transferir pilotos militares a las empresas civiles de transporte aéreo, se ha venido produciendo a lo largo de la historia de la aviación en todo el mundo y por supuesto en nuestro país. La razón de ello está bien clara: es la forma más fácil, rápida y barata de obtener pilotos, además de que hoy en día las líneas aéreas siguen prefiriendo al piloto militar por su mayor experiencia y prestigio. Normalmente esta transferencia de personal de vuelo, al no producirse de forma masiva, no causaba serios problemas en el Ejército del Aire. Por otro lado, la disponibilidad de estos recursos humanos (plantillas) no tenía las limitaciones actuales, contando además con un personal de "complemento" que en buena parte pasaba a las líneas al cumplir sus contratos en el Ejército del Aire, lo que evitaba dañar la escala profesional.

A partir de 1970, se crea en España y dentro del Ministerio del Aire, la Escuela Nacional de Aeronáutica (ENA) para atender las necesidades de pilotos de las Líneas Aéreas. En 1983, la ENA se integra en la Subsecretaría de Aviación Civil (Ministerio de Transportes) desvinculándose totalmente del Ejército del Aire. Por desgracia, esta Escuela, dotada de magníficas instalaciones y medios, no ha sido capaz de producir los resultados apetecidos, es decir, satisfacer la necesidad de los pilotos de líneas aéreas.

SITUACION ACTUAL

En el período 1970/86, las empresas civiles de aviación no sólo se estabilizan, sino que incluso se ven obligadas a abrir expedientes de crisis o regulaciones de empleo. La necesidad de pilotos era escasa, por lo que podía ser absorbida por pilotos procedentes de la ENA y el "goteo" esporádico de algún militar. Pero a partir de 1987 es cuando en España, como en el resto del mundo y debido a una situación favorable, las líneas aéreas sufren una fuerte expansión, motivada principalmente por la liberalización del transporte aéreo, mejora económica, renovaciones de flota, etc. Todo ello desata una fuerte demanda de pilotos que, como se ha dicho, era difícil de predecir. No se puede olvidar que incluso en 1985 todavía se consideraba que la aviación comercial pa-

saba por uno de sus períodos más críticos.

Esta falta de previsión ha motivado que el E.A. se vea afectado por una fuerte demanda de pilotos, pues las empresas tienen que recurrir al único sitio donde los pueden encontrar rápidamente: la Fuerza Aérea. De esta forma, el E.A. que en el año 1986 todavía y por reajuste de las plantillas concedía pases a la situación de Reserva Transitoria se ve desbordado ahora por peticiones de retiro en el período de los dos años siguientes.

El E.A., en principio y con idea de satisfacer una necesidad nacional, apoyando al servicio que prestan las Compañías Aéreas Civiles, atendió las primeras peticiones de sus pilotos militares que solicitaban el pase a las líneas mediante el retiro voluntario. No obstante, cuando el número de estas peticiones alcanzó cifras que rozaban los mínimos imprescindibles para que el E.A. pudiera cumplir su misión, se tuvo que tomar la decisión de suspender temporalmente la concesión de pases a dicha situación.

CAUSAS POR LAS QUE LOS PILOTOS MILITARES SE MARCHAN A LAS LINEAS AEREAS

A grandes rasgos se puede decir que los factores que provocan las peticiones de retiro del personal militar (pilotos) para desarrollar actividades en la aviación civil, son de dos tipos: externos o internos al E.A.

a) Causas externas al E.A.

— Momento favorable del transporte aéreo civil, fundamentalmente del "CHARTER" que a partir de 1987 renace con imprevisible fuerza. Solamente en España se crean, desde 1986, siete compañías de este tipo cuyos medios aéreos crecen constantemente. Estudios realizados por las empresas civiles de aviación, señalan que las necesidades de pilotos civiles, en España, serán de 100 al año durante un período de diez años.

— Escaso rendimiento de la Escuela Nacional de Aeronáutica (ENA). Esta Escuela, que funcionó bien desde su inicio (1974) hasta que fue transferida por el E.A. a la Subsecretaría de Aviación Civil (1983), no ha sido capaz de cubrir las necesidades de pilotos civiles que necesitan las líneas aéreas. Las razones de este insatisfactorio resultado parece ser que radican fundamentalmente en la escasez de profesores de vuelo y en una inadecuada gestión de mantenimiento.

b) Causas internas (imputables al MOD/EA.)

— Aspectos social y familiar

No cabe la menor duda que en la vida civil se disfruta de una mayor estabilidad en el sentido de que el piloto de línea aérea no se ve tan afectado como el militar por los frecuentes cambios de destino que este sufre a lo largo de su carrera. Traslados que, en su inmensa mayoría, llevan consigo dificultades de vivienda, separación familiar, problemas de colegios, pérdida de trabajo de la esposa, etc. La capacidad económica del militar difícilmente alcanza para afrontar los gastos que esos cambios de destino originan.

— Riesgo profesional

Está claro que el número de accidentes aéreos es mucho más elevado en la aviación militar que en la civil, sobre todo en los pilotos de caza y ataque, lo que en muchos casos crea tensiones familiares.

— Trabajo más difícil y mayor responsabilidad

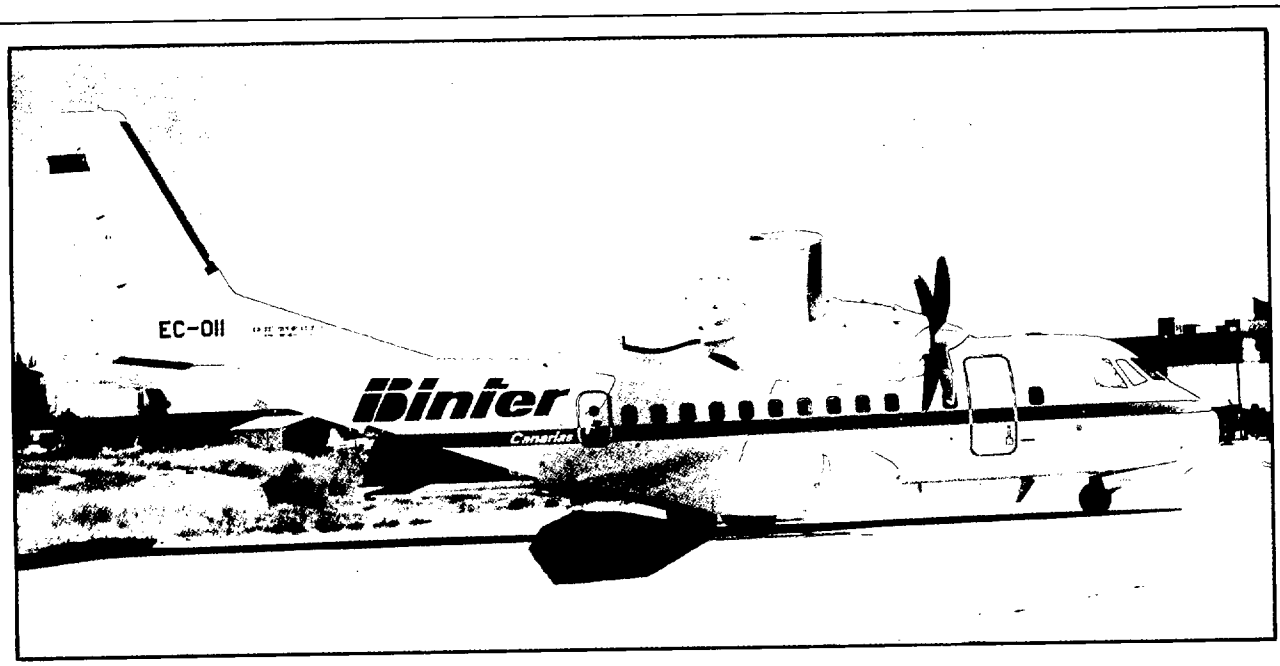
En la vida militar, aunque existe un horario oficial de trabajo, este no puede estar limitado en horas como en la civil. El militar ha de estar siempre dispuesto para el servicio, en cualquier momento del día o de la noche; su propia vocación le lleva a aceptar gustosamente la dedicación plena. Es una profesión en la que no se concibe una compensación económica para las horas extraordinarias. El jefe u oficial tiene siempre a sus órdenes subordinados de los cuales es responsable, no sólo en el aspecto profesional, sino que también debe velar por todos sus intereses. A medida que alcanza empleos más altos su área de responsabilidad se extiende más allá de la actividad aeronáutica, alcanzando otros múltiples aspectos de dirección, gestión, económicos, etc., para los cuales debe prepararse constantemente.

— Separación de la actividad aérea

Normalmente, el piloto militar permanece en las Unidades de FF.AA. muy poco tiempo una vez que alcanza el empleo de Comandante. A partir de ese momento comienza a desempeñar funciones en destinos de Estado Mayor, Organismos logísticos, etc., es decir, se le separa de la actividad aeronáutica, a la que ha dedicado plenamente su vida desde la salida de la Academia, produciéndose un gran efecto frustrante cuando se debe abandonar.

— Promoción de carrera

El militar, durante su carrera, está continuamente preparándose mediante cursos que le faculten para desempeñar puestos en alguna de las múltiples facetas que su profesión le exige. Los ascensos por selección



implican un constante esfuerzo intelectual y de competitividad que no siempre se pueden ver recompensados.

— *Valoración de la profesión militar*

Hoy día, en España como en la mayoría de los países de nuestro entorno, no se valora en su justa medida el papel de las Fuerzas Armadas. Existe un fuerte rechazo por parte de la sociedad hacia los Ejércitos. El pueblo no cree en la posibilidad de una guerra; no tiene sensación de estar amenazado, y en esta situación es fácil generar campañas antimilitares. Todo ello afecta a la moral y produce desaliento en el personal militar, que ve cómo la sociedad considera al Ejército más como una carga económica injustificada que como una necesidad para la defensa nacional.

— *Retiros y pensiones*

Igual que en el resto de la Administración del Estado, los sueldos que se perciben en el Ejército cuando se llega a la edad de retiro son muy reducidos. Como por otra parte las retribuciones económicas durante el periodo de actividad no permiten compensar estos bajos sueldos por medio de prestaciones que puedan garantizar una tercera edad cómoda, lo que sumado a que las pensiones por viudedad se puedan considerar meramente simbólicas, hacen al militar sentirse desprotegido ante su vida futura.

— *Nueva legislación reguladora de la Carrera Militar*

La próxima entrada en vigor de una ley que regulará la política de personal de las Fuerzas Armadas, ha creado una cierta incertidumbre en cuanto a las consecuencias que se puedan derivar de su aplicación.

— *Remuneración Económica*

La considerable diferencia existente entre las retribuciones de los pilotos civiles y militares, claramente a favor de los primeros, es sin lugar a dudas, el factor más determinante por el que los segundos deciden abandonar el Ejército. Efectivamente, un piloto civil siempre tiene, y tendrá, pagas superiores a las del militar. Basta decir que para un militar que decide ingresar en una empresa de aviación, desde el primer mes cobra al menos el doble que en el Ejército, cantidad que puede llegar a ser tres veces superior al alcanzar la edad de retiro, incluyendo coberturas por incapacidad profesional no inferiores a los 30 millones de pesetas.

SOLUCIONES QUE SE PUEDEN ADOPTAR PARA RETENER EL PERSONAL DE VUELO MILITAR

— **Por parte del MOD.**

Ante todo es necesario considerar que cualquier medida que se tome en el ámbito del E.A., para evitar que su personal pueda verse tentado de abandonar al Ejército, deberá estar enmarcada dentro de una política de personal que apoyada desde el Organismo Central del Ministerio de Defensa, se realice fundamentalmente al contexto social en el que sus miembros se desenvuelven. Por ello, una constante preocupación del Mando deberá ser la armonización de las normativas que regulan esta política en lo referente a satisfacción y categoría profesional, reconocimiento de la misma así como las retribuciones. Es el sistema seguido con los miembros de las Fuerzas de Seguridad destacadas en lugares conflictivos. Todo esto significa desarrollar una política de asistencia social amplia que facilite solucionar los problemas del personal, para que con criterios de justicia e igualdad se facilite y mejore su bienestar.

Normas que permitan a los pilotos permanecer el máximo tiempo posible en las Unidades de Fuerzas Aéreas. En este sentido, se están estableciendo normas enfocadas a que los Comandantes y Tenientes Coroneles de la Escala del Aire —de momento los Comandantes—, si al ascender no pueden permanecer en dichas Unidades, realicen periódicamente prácticas de vuelo en las mismas, para mantener su capacitación y entrenamiento con vistas a su posible utilización en periodos de crisis. Estas normas paliarán en cierta medida el trauma que para todo piloto significa el cese en la actividad aeronáutica.

— **Por parte del E.A.**

• Establecer una política de personal que contemple:

— Compromiso de permanencia en el Ejército no inferior a los QUINCE años para el piloto profesional y de DIEZ para el de complemento, tiempos que permiten amortizar los enormes gastos que el Estado invierte para su formación.

— Una política de personal que permita definir la carrera del individuo al más largo plazo posible; reduzca al mínimo los destinos de carácter forzoso y regule los ascensos con criterios que incentiven la dedicación y esfuerzo personal.

— Normativa de retribuciones acorde con el nivel social y la función que desarrolle el piloto (responsabilidad y peligrosidad).

— Aspectos sociales, de tal forma que se puedan satisfacer con amplitud las necesidades básicas del individuo, como son la vivienda, colegios y asistencia sanitaria.

— Una escala de pilotos de complemento que en número suficiente formen el núcleo principal del personal de vuelo, permitiendo que de esta forma el piloto, militar de carrera, pueda tener, al final de su trayectoria profesional, grandes posibilidades de acceso a los más altos empleos y principales puestos de dirección del Ejército.

— Cualquier otro aspecto que pueda mejorar el bienestar del individuo como puedan ser zonas residenciales, facilidades de viaje, clubs sociales y deportivos, seguros de vida y accidentes, asistencia letrada, etc.

— Disposiciones dirigidas a que el personal militar se sienta protegido por su propia organización contra las "agresiones" de los estamentos civiles, evitando cualquier clima de indefensión.

— **Por parte de la Sociedad**

Hoy día asistimos a una profunda renovación política en el campo de las relaciones internacionales, en la que el sentimiento de agresión/defensa está desapareciendo. En Europa se hacen grandes esfuerzos encaminados hacia un concierto y unidad entre naciones que parecen augurar un sistema de convivencia en paz.

Este ambiente hace que el ciudadano pierda las anteriores sensaciones de tensión y posibilidad de guerra y como consecuencia se llega a cuestionar la necesidad de los gastos económicos que hoy se invierten en defensa.

Esta falta de sensación de amenaza es, y lo será aún más en los próximos tiempos, el gran reto para las Fuerzas Armadas. Una situación así hace muy difícil la comprensión de la sociedad hacia el militar profesional, lo cual afecta gravemente a su moral pues precisa ser comprendido por el pueblo al que con toda su entrega sirve. Es el Gobierno en este caso y no el Ejército, el que debe enseñar desde la escuela al ciudadano el papel social que el Estado realiza por medio de sus Fuerzas Armadas con su indispensable papel disuasorio, aunque no falten los utópicos que crean que se puede llegar actualmente a un mundo sin guerra y sin ejércitos.

La comprensión y acercamiento mutuo entre la Sociedad y el Ejército es indispensable en cualquier nación. No hay cosa peor para un Ejército que llegar al convencimiento de que su país considera que no sirve para nada.

CONCLUSIONES

La extraordinaria expansión de la aviación comercial en los últimos años ha originado una fuerte demanda de pilotos que las líneas aéreas tratan de satisfacer contratándolos allá donde los hubiere. El Ejército es una forma rápida y económica de obtenerlos. De esta forma el E.A. se encuentra en una situación en la que debido al **elevado** número de pilotos que han solicitado el retiro para trabajar en empresas civiles, su operatividad se ha visto seriamente amenazada, pudiéndose poner en peligro un servicio fundamental para la sociedad como es el que la Fuerza Aérea presta a la Defensa Nacional, en el caso de atender todas las mencionadas peticiones de retiro. Ello ha motivado que el Ministerio de Defensa decidiera suspender temporalmente estas concesiones (no se niega el derecho a pedirlo y concederse) hasta que el ingreso de nuevos pilotos militares en la escala correspondiente del E.A. permita la concesión de más retiros.

En este artículo se ha tratado de analizar las causas por las que el piloto militar decide abandonar al Ejército para trabajar en las líneas aéreas, así como las posibles medidas a tomar para evitar que esto suceda, y si bien ha de reconocerse que muchas de esas causas son comunes a los militares de los tres Ejércitos, debe hacerse una salvedad en el caso de los pilotos militares: la tasa de muertos en acto de servicio que sufren éstos durante su vida militar en tiempo de paz, es muy superior a la de otros Ejércitos, y la oferta de abundantes puestos de trabajo, muy altamente remunerados, es una tentación que sólo se da en su caso. La política de personal que con ellos se siga no debería perder de vista estos datos. ■

Crónica desde Namibia

"Madrid, 7.847 Km."

EDUARDO M. VARA DE REY,
Comandante Auditor

MINUTOS antes del mediodía del lunes 12 de junio de 1989, aterrizaba en el aeropuerto internacional de Windhoek, procedente de Lusaka, un DC-10 de la Compañía Zambian Airways. El avión, de nombre "Ngwezi", no podía pasar desapercibido. Muy al contrario, permitía escribir una importante página de la historia de Africa, de la propia historia universal, porque en su interior se hallaban los primeros 150 refugiados namibianos que, tras varios años de exilio, para algunos toda su vida dada su corta edad, regresaban a su tierra. El elevado número de personas que, en el propio aeropuerto, vibraba con el acontecimiento, expresaba un sentir común: "éste es el día de Namibia".

Para que ese 12 de junio, tan distinto de otro, llegara, horas antes había sido declarada una amnistía y se había dejado sin efecto un abanico de disposiciones legales. La Resolución 435 seguía así en plena y definitiva aplicación, propiciando un importantísimo paso hacia la confirmación del 1 de noviembre como fecha de las esperadas elecciones, que abrigan la esperanza de una convivencia pacífica entre todos. No en vano, se recogen con esa ilusión las recientes palabras de Nujoma, máximo líder de SWAPO, en un llamamiento a los namibianos blancos de que se queden en el territorio y convivan con el resto de la población en una Namibia libre e independiente.

El proceso, que sigue de cerca el contingente español integrado en el Grupo de las Naciones Unidas para la Asistencia en la Transición, se desarrolla con normalidad y resultan ya lejanos, por fortuna, aquellos trágicos y vacilantes comienzos de los primeros días de abril que a punto estuvieron de dar al traste con el plan de paz. Fueron los días de la llegada a Windhoek de los hombres que inicialmente han formado este contingente y que hoy están mucho más cerca de la fecha de su regreso a España, entregando su testigo a quienes, con su relevo, han de mantener la presencia del Ejército del Aire de España en esta tarea de paz.

El invierno recibirá a los que vayan llegando. Un invierno todavía incipiente pero que se adivina frío, impropio para el concepto que en nuestra Patria se tiene de Africa. Pero es que esta parte del enorme continente poco o nada tiene que ver, climatológicamente hablando, con otros lugares del norte mucho más conocidos. El clima de Windhoek es, al menos en estas fechas, seco pero frío, realmente frío en la noche, para regocijo de las tiendas de electrodomésticos que han aumentado considerablemente la venta de estufas ante la demanda de éstas por los Cascos Azules. De día, por el contrario, un espléndido sol calienta lo bastante como para que un simple jersey mantenga el cuerpo a buena temperatura.

Esto de estar "al revés", de que sea invierno en nuestro verano, sorprende también a los pobladores de esta tierra y sugiere el original comentario de un niño que, informado y convencido de que cuando regresemos a España será verano, dijo con una lógica aplastante "o sea, que vais allí a pasar las Navidades", incapaz de separar el estío de las entrañables fiestas para él tan calurosas.

Noticia reseñable es que nuestro parque automovilístico ha aumentado, superándose las complicaciones de transporte de tan numerosos contingente. La ONU nos ha asignado, recientemente, cuatro magníficos 4 × 4 que, prácticamente, han solventado el problema. Contamos, además, con una ambulancia que, mucho más que nada, es un enorme camión que hace las delicias del Cuerpo Eclesiástico —sí, lo he dicho bien, no he querido decir de Sanidad— al ser el Páter, paradójicamente, el único habilitado para conducirlo gracias a su permiso de la clase A, titulación de la que nadie más goza y elimina todo posible rival a la hora de sentarse al volante. Bien es verdad que, afortunadamente, el vehículo no se ha utilizado con fines de asistencia sanitaria, sino únicamente como "capitoné" para el traslado de mobiliario.

Al aumento del número de vehículos también han contribuido, a nivel muy particular, algunos oficiales, adquiriendo coches y motos de segunda mano. Ellos, al menos, sostienen que de segunda mano son, aunque para el resto del personal hay fundadas sospechas de que, fácilmente y como poco, han pasado por cuatro. En el su-

España, a tiro de Suzuki.

El Arma y los Cuerpos.

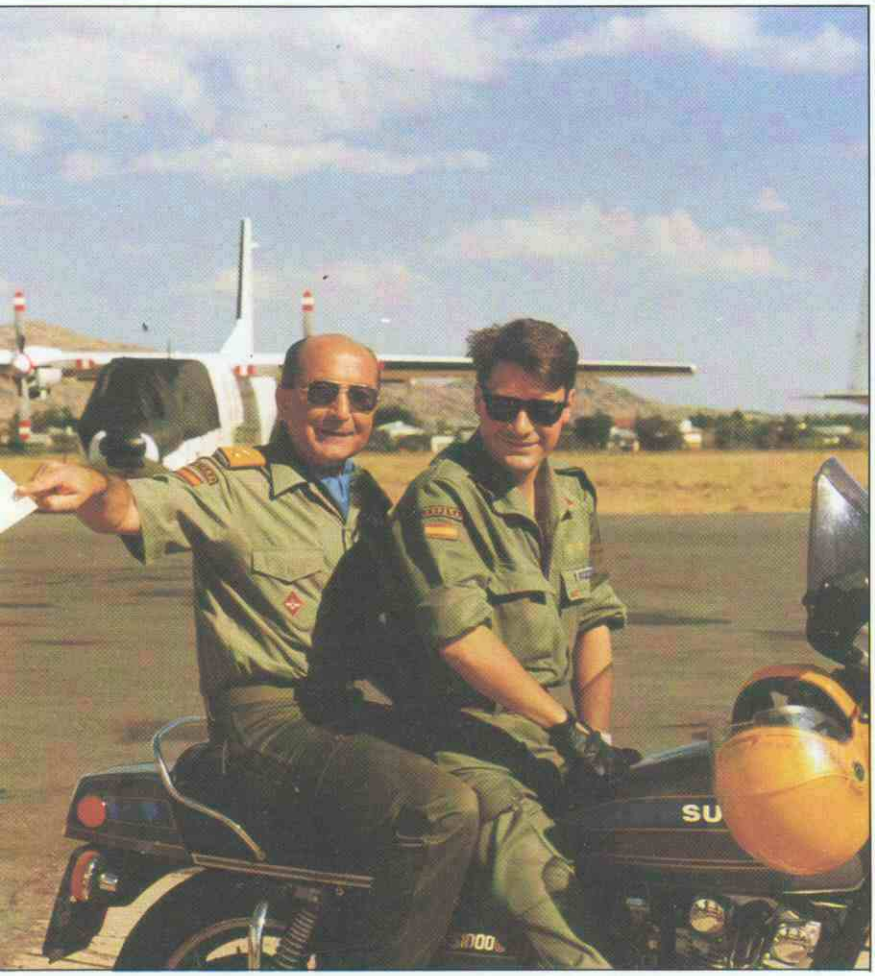
puesto de que se logre ponerlos en marcha, tarea ésta harto difícil, incluso se mueven.

Las excursiones de fin de semana, continúan. Los animales de Etosha, se han exhibido ante los ojos de nuevos visitantes y lo propio han hecho las focas en Cape Cross. Hay quien se ha desplazado hasta El Cabo, espléndida ciudad, y todos nos quedaremos privados de admirar "el dedo de Dios" porque la roca que, apuntando hacia el cielo, como tal era conocida, cayó en el último diciembre desapareciendo para siempre convertida en un amasijo de piedras.

También se mantienen los destacamentos en el norte, Ondangwa y Rundu, en donde el personal de vuelo pasa la mitad de su tiempo de estancia en el territorio. El norte no es, desde luego, Windhoek, aunque las condiciones de vida allí son aceptables. Lo que resulta obvio, en todo caso, es que los pilotos están acumulando horas de vuelo ya que su actividad es tan constante que a veces, incluso, todos los efectivos están en el aire casi al mismo tiempo.

Así lo exige el cumplimiento de la tarea que UNTAG tiene asignada, en la que juega un importante papel nuestro Ejército. Las Fuerzas de Pacificación son hoy parte de la fisonomía de Namibia y su número ha aumentado en los más alto niveles con un civil, Joseph Legwaila, de Botswana, que junto con Ahtisaari va a compartir la máxima responsabilidad, en el plano político, en cuanto designado por la ONU para asistir a aquél en su condición de Representante especial del Secretario General de la Organización. La presencia del recién nombrado refuerza la participación africana en el Grupo de Asistencia y servirá, seguro, para superar ciertos comentarios en el sentido de que la representación del Continente en los puestos más elevados de la dirección política era escasa.

Poco más destacable sucede por aquí, a 7.847 Km. de la capital de España, según reza un peculiar indicativo que alguien, no se sabe si por optimismo o justamente por lo contrario, ha colocado en Eros, junto al edificio que constituye nuestro centro de operaciones. La distancia es mucha, pero las fechas para la vuelta a casa están próximas, y, quienes vayan regresando, serán fácilmente identificados como "namibianos" cuando vistan la camiseta especialmente diseñada por y para el contingente. Una "T shirt", que diría un finolis, con un dibujo en el frente muy representativo y un aviso detrás: "I'm Spanish, keep close", que viene a ser algo así como "arrejúntate, colega, que soy español". La leyenda, algo hortera como estará pensando el lector, ha sido recibida con división de opiniones y muchos compradores han optado por suprimirla de sus camisetas. ■



Entrevista con

El General de División Don Julio Mezquita Arroniz Asesor Médico del Aire

MANUEL CORRAL BACIERO
FOTOS: ALFONSO TEXIDOR

EL Diccionario de la Real Academia de la Lengua inicia las acepciones de la palabra "crisis" con esta definición: *mutación considerable que acaece en una enfermedad, ya sea para mejorarse, ya para agravarse el enfermo".* Concepto de origen clínico el del vocablo, a él se refirió inevitablemente nuestro entrevistado en el curso de una larga conversación cuya pauta básica se debe al trabajo del Capitán Médico y miembro del Consejo de Redacción de RAA, Mario Martínez Ruiz.

Crisis es la que vive la Sanidad Militar, reiterando su concepto de mutación considerable, tanto por la historia que ha vivido en el último decenio como por las modificaciones que vivirá en el próximo. Para la más alta autoridad sanitaria del Ejército del Aire, la historia aún debe ser escrita y no convendría avanzar hipótesis sobre lo que podrá ir ocurriendo bajo múltiples condicionantes novedosos.

Su panorama es tan nítido que nuestras preguntas fueron meros hitos de una exposición redonda donde cada pieza iba encajando como en una partida de ajedrez bien jugada, aunque sería mejor decir que el encaje se producía como el de los órganos y sistemas en un cuerpo.

— ¿Cuáles han sido hasta el presente las principales circunstancias que han modificado el papel tradicional de la Sanidad Militar?

— Debo hablar del impacto que ha sufrido la Sanidad Militar por una serie de medidas legislativas que empiezan por la Ley de creación del Instituto Social de las Fuerzas Armadas y por su puesta en funcionamiento, que modifica profundamente el estado de nuestra Sanidad, tradicionalmente dedicada a dos funciones: una logística para la selección, conservación de la salud y recuperación de efectivos en tiempos de conflicto y otra que, en tiempo de paz, ampliaba su quehacer a la asistencia a las familias y retirados. Esta asistencia era imperfecta porque no estaba organizada como un sistema asistencial, sino como un añadido. Por eso al crearse el ISFAS, que es mucho más que la asistencia médica —es la Seguridad Social de las Fuerzas Armadas—, la Sanidad Militar pasa a ser una colaboradora más en la asistencia médica. Esto quizás no ha sido comprendido por muchos médicos militares porque no se ha reflexionado que, dentro de los problemas que atiende esta Seguridad Social, los de la salud son una contingencia más.

"La Sanidad militar ha sufrido el impacto de una serie de medidas legislativas: la Ley de creación del Instituto Social de las Fuerzas Armadas, y las "de Sanidad" y "Especialidades Médicas".

Un segundo aspecto legislativo que introduce modificaciones es básicamente civil: las leyes de Sanidad y de Especialidades Médicas. La primera concibe una sanidad unitaria y hubo que añadir una disposición adicional contemplando la existencia de los Hospitales Militares que, sin perjuicio de su apoyo a la colectividad, tienen un carácter logístico de apoyo a la fuerza que no es el meramente asistencial. Son dos aspectos de la sanidad que deben colaborar, pero no son superponibles.

La Ley de Especialidades fija que para ejercer en España cualquier puesto como especialista hace falta tener el título oficial de la especialidad. Hasta ella, los títulos de especialista se obtenían de un modo "sui generis": demostrando que se había ejercido la especialidad durante dos años. Tradicionalmente las Fuerzas Armadas habían sido más rigurosas y habían creado los diplomas militares, que se obtenían inicialmente en el Hospital "Gómez Ulla", escuela madre de los especialistas de las FAS porque tenía un profesorado y un centro muy bien dotado. En nuestro Ejército, cuando el Hospital del Aire tuvo servicios con elementos suficientes para impartir la docencia también se desarrollaban estos diplomas. Eramos autosuficientes formando diplomados.

"Los Hospitales Militares, sin perjuicio de su apoyo a la colectividad, tienen un carácter logístico de apoyo a la fuerza que no es el meramente asistencial".

Esta norma autoriza la formación de especialistas en centros militares sin ningún privilegio y exige que los servicios donde se realizan estén acreditados tras la supervisión de la comisión de cada especialidad médica del Ministerio de Educación y Ciencia. Esta situación resuelve en parte el problema, porque Tierra tiene veintidós servicios acreditados y el Hospital del Aire trece, pero a veces coinciden las especialidades y en otros casos ni uno ni otro tenemos servicios acreditados, lo que obliga a que nuestros especialistas se formen fuera del ámbitro militar.

— ¿Qué problemas principales crea esta situación diferente?

— El tiempo de escolaridad se ha incrementado mucho. Antes podíamos tener un cirujano en dos años, ahora las especialidades quirúrgicas requieren cuatro y cinco años. Si añadimos que al entrar ya se es médico, que hay que ingresar y pasar un tiempo de dos años en una Base o destino periférico y luego hay que hacer una oposición interna para una especialidad, pasan siete u ocho años hasta que tenemos un especialista. Dicho de otra manera, hay una detracción de casi un 20 por ciento del colectivo que está continuamente en formación.

— ¿Se resolvería ésto con la existencia de una Academia de Sanidad Militar?

— Pienso que en el futuro Cuerpo de Sanidad de las Fuerzas Armadas existirá necesariamente una Academia de Sanidad Militar. Tierra la tiene actualmente como Escuela de Asistencia Sanitaria y en el Ejército del Aire la dejamos de tener por ser un contingente pequeño. Hoy la Armada y nosotros lo paliamos con otro tipo de medios propios.

No tiene nada que ver la existencia de una Academia de Sanidad Militar, donde reciben formación específica Licenciados en Medicina para su nueva vida profesional, con las relaciones con el Ministerio de Educación, mientras que sí está relacionada la formación de especialistas, o lo que hacemos cooperando con el Ministerio de Educación en la formación de alumnos de los últimos años de la carrera en una forma que la colaboración Universidad-Sanidad Militar resulta necesaria, intensa y muy fructífera para ambas partes, porque la Universidad no tiene suficiente número de camas por alumno y, por otro lado, es un gran estímulo para nuestros médicos, porque tienen que estar al día para formar a los alumnos, con la lógica mejora de la asistencia, como se ha notado de una forma clara en los hospitales que tienen concedida docencia.

— ¿Está garantizada la cobertura de especialistas?

— Tenemos especialidades de las que hay mucha escasez por su alta demanda y, si los estímulos o las retribuciones no son adecuadas, dentro de un mercado libre de trabajo se produce una fuga natural de estos especialistas. En España hay especialidades con pocos profesionales como anestesia, UVI, intensivistas, radiología o técnicas de exploración por la imagen, y tenemos los mismos problemas que en los centros civiles.

La situación puede ser preocupante, por ejemplo en el Hospital del Aire, de la plantilla militar de anestesistas existente, estamos esperando que uno se acabe de diplomar para incorporarse.

— ¿Puede paliar la situación la incorporación de personal de Complemento?

— La Escala de Complemento puede ser una solución muy buena para atender escalones básicos y permitir que la Sanidad Militar tenga una mayor dedicación a los aspectos logísticos de medicina ocupacional del Ejército del Aire, que es la razón esencial de ser de una sanidad muy específica, la de la Fuerza Aérea, y que debe ser potenciada: atender al personal volante en selección, entrenamiento y prevención de enfermedades profesionales.

Téngase en cuenta que en los destinos donde hay aviones de altas prestaciones debe haber médicos de vuelo y actualmente tenemos sólo tres. Esta es una figura que está más

desarrollada ya en otros países y deberíamos conseguir que hubiera un 10 por ciento de la plantilla que fueran médicos de vuelo.

— ¿Y el recurso a la contratación de personal civil?

— Para empezar, hay dificultades porque la plantilla general del Ministerio de Defensa está excedida. Además, hay un problema histórico vivido en todos los países, que es el relacional, donde convive personal civil y militar, porque se rigen por legislaciones distintas y la situación se complica mucho, como he podido vivir siendo Director del Hospital del Aire.

El personal civil presta un servicio extraordinariamente importante en la Sanidad Militar, es un personal muy vocacionado y lleno de méritos, muchas veces con estímulos o niveles salariales pequeños, pero su vinculación y espíritu es muy alto, sin embargo su dimensionamiento debe tener limitaciones aún considerando que son necesarios, y esto debe tenerse en cuenta no sólo porque no se pueda disponer de personal militar.

— ¿Qué puede suponer la prevista unificación de los Cuerpos de Sanidad Militar de los tres Ejércitos?

— Lo que dice la Ley de Función Militar es concluyente, pero escaso. Se prevé que existirá, entre los cuerpos comunes de la Defensa, uno de Sanidad Militar que engloba a los de los tres Ejércitos, más Farmacia y Veterinaria de Tierra y los Diplomados en Enfermería.

Si analizamos ejemplos exteriores, lo que sí se puede observar es una gran tendencia a que, en los escalones superiores, el mando vaya siendo alternativo. En la sanidad norteamericana dentro de la OTAN, el mando lo ejerce cada seis meses un General de dos estrellas de Tierra, Mar o Aire, porque a esos niveles sí se ve muy conveniente que haya una visión de conjunto, igual que hay una acción unificada o un Estado Mayor Conjunto, situándose la Sanidad Militar en el mismo nivel doctrinal.

"La colaboración Universidad-Sanidad Militar resulta necesaria, intensa y muy fructífera para ambas partes.

Si esto parece evidente y eficaz en los niveles altos del mando, a otros niveles, como médico de Unidad, los problemas son muy específicos y del día y la visión es más reducida.

Respecto al futuro, sentimentalmente cualquiera que viste un uniforme, ve con algo de prevención la unificación, porque pierde el vínculo con su Ejército. Los resultados no los podemos saber más que a medio o largo plazo, pero hay dos hechos claros. Doctrinalmente, la Sanidad constituye una forma de apoyo específico a la Fuerza y directo en situación de conflicto. Con esto quiero decir que cuando un elemento de apoyo es "específico y directo" debe ser propio de su ejército. No tienen los mismos problemas los médicos navales que los aéreos.

"En los destinos donde hay aviones de altas prestaciones debe haber médicos de vuelo".

destinado, por ejemplo, a una Base Aérea.

Considero que va a haber problemas de tamaño en la integración, porque la Sanidad de Tierra es dos veces y media superior a la nuestra y con una problemática logística que no la tienen Armada ni Aire, más enfocadas a lo que podríamos llamar "medicina ocupacional", porque se trabaja con personal altamente cualificado y con unos riesgos profesiona-

Lo que habrá siempre serán vocaciones, como ocurrió cuando aún no existía el Ejército del Aire, sino el Servicio de Aeronáutica y era atendido por médicos del Ejército de Tierra, que fueron los asistentes al primer Congreso de Medicina Aeronáutica en los años 30 y, aunque eran del Ejército de Tierra, estuvieron siempre en Aeródromos Militares, porque conocían el medio y estaban vinculados a la Aeronáutica. Lo mismo pasará en el futuro con una Sanidad de escalafón único, que va a proceder de la mezcla, un poco artificiosa si se quiere, de tres escalafones, sin que nadie pueda olvidar su historia. En el futuro parece evidente que el médico militar que haga un curso de problemática médica en submarinos, nunca será

les específicos, que requieren un gran esfuerzo en "Medicina preventiva de riesgos profesionales" también específicos. Este es el reto del futuro de la Sanidad Militar Aeronáutica, que tiene una gran rentabilidad, aunque esto sea sólo cuantificable a medio y largo plazo. En el Ejército del Aire, el Mando conoce el riesgo de que la unificación pueda desenfocar ese objetivo, pero tanto este Mando como el futuro Cuerpo Común de Sanidad de las Fuerzas Armadas, pondrán los medios para evitar que esto suceda.

— ¿Se va a producir también la unificación de medios?

— La Ley es clara al decir que los cuerpos comunes dependen del Subsecretario de Defensa y tiene sobre ellos las mismas misiones que los

Jefes de Estado Mayor sobre los Ejércitos. Aparentemente, se configuran como un cuarto ejército, con lo cual, con el tiempo, parece ser que sí se van a unificar todos los elementos relacionados con la Sanidad.

La asistencia sanitaria es unificable, porque una apendicitis es igual en un Almirante que en un Sargento Mecánico. De hecho, hoy día los Hospitales, Policlínicas o Farmacias están unificadas en el sentido de que dan la asistencia a los tres Ejércitos y a la Guardia Civil, sin ningún problema.

— ¿Puede perderse la especificidad de la medicina aeroespacial que ahora desarrolla principalmente el CIMA?

— No debe ocurrir, porque el CIMA debe continuar y potenciarse, como de hecho piensa hacer el Ejército del Aire desde hace año y medio, incluyendo una nueva ubicación en Torrejón de Ardoz y dotación de medios adecuados a los problemas que plantea el pilotaje de los nuevos aviones.

"Cuando un elemento de apoyo a la Fuerza es "específico y directo" debe ser propio de su ejército".

El CIMA se había quedado pequeño tanto, en infraestructura, como en dotación de personal y medios. A ello debemos unir los nuevos retos que debe afrontar, como los severos problemas de los pilotos de aviones avanzados, que requieren entrenamiento fisiológico antes del vuelo, recuperación en cámaras de baja presión, uso de centrífuga humana... Toda esa labor de conocimiento, investigación, entrenamiento, reconocimientos periódicos para hacer medicina preventiva del personal volante, es necesaria.

En general, creo que la unificación no significa pérdida de especialidad, de conocimientos o de continuidad en la investigación, en campos tan importantes para nuestros Ejércitos, pero, lo que sí parece evidente, es que se va a perder la simbiosis actual CIMA-Hospital del Aire.

— ¿Es muy costosa esta sanidad especializada?

— El CIMA puede ser muy costoso, pero a la vez es muy rentable. Téngase en cuenta que nuestros pilotos van ahora a Holanda, y eso tenemos que pagarlo, mientras que el CIMA puede llegar a dar esos servicios no sólo para España sino para países próximos o de habla hispana, que no van a estar dotados de medios similares a plazo medio o largo.

Además, se da servicio a todo el personal volante de las líneas civiles, generando los ingresos correspondientes.

— Descendiendo al escalón básico, ¿cuáles son los problemas de la Sanidad en las Unidades de Fuerzas Aéreas?

— Hay escasez de médicos. En los tres últimos años, se han marchado de la Sanidad Militar del Aire, por diversas circunstancias, 48 médicos y, sólo, se han incorporado 22. En una plantilla reducida este déficit es muy sensible.

También hay que dar apoyo médico directo incluso a centros con pequeños contingentes como los EVA's y, sobre ésto, hay que sensibilizar al Mando en la idea de que no se puede superponer la medicina asistencial con la medicina militar operativa. En asistencia, un médico puede atender a 1.000 familias (3-4.000 personas). Pero también hay que atender al personal de un crucero o de un EVA, quizás 150 hombres. Parecerá carísimo, pero tienen que estar atendidos. Es como las Unidades de Quemados de los Hospitales, afortunadamente están vacías muchas veces, pero tienen que contar con una dotación de personal y material por si hay víctimas de siniestros de este tipo (incendios).

Quiero destacar que la rentabilidad de los hospitales militares no se puede comparar con los civiles, porque tienen una función logística aunque, en tiempos de paz, se preste asistencia médica a otros contingentes (familias y jubilados), facilitando a los médicos su permanente puesta al día.

— ¿Qué papel deben jugar las Policlínicas del Aire?

— Existe un aspecto logístico y otro de asistencia, al igual que en los Hospitales. Realizan trabajos de medicina aeronáutica en colaboración con el CIMA y prestan asistencia. La primera es la función esencial dentro de nuestro Ejército y para ella deben contar con suficientes especialistas en todas sus facetas de reconocimiento, asesoría médica, educación sanitaria, etc. Como esta función no agota todos los recursos, pueden colaborar en la prestación de asistencia en consulta externa, apoyando a los hospitales.

Para evitar el acceso directo a los hospitales, la situación es muy compleja, porque la responsabilidad total de la asistencia le corresponde al ISFAS y la potenciación de las Policlínicas, sólo para asistencia sanitaria, tendría que partir de una mejor colaboración entre la Sanidad Militar y el ISFAS, algo que no ha ocurrido históricamente, aunque me consta que hay una buena disposición en la actual gerencia del ISFAS para llegar a una mejor colaboración.

— *¿Cuál es el marco general de cooperación con la sanidad civil?*

— Empezando por lo particular, los hospitales están siendo utilizados constantemente para atender pacientes civiles por carencias de los hospitales civiles o por imperativos de la Ley, porque hay zonas de influencia de los hospitales, por ejemplo casos de accidentes de tráfico. Estas zonas no están "institucionalizadas", pero convendría definir qué es lo que se debería hacer.

Aparte de estas colaboraciones puntuales, los hospitales, que son la punta del iceberg en la Sanidad Militar, están incluidos en todos los planes de defensa civil de su área y mantienen una aceptable colaboración.

Luego, hay puntos especiales, como la hemoterapia. Existe el proyecto de establecer una colaboración con grandes beneficios para todos los colectivos, porque España tiene un índice de donantes de sangre que es un tercio del de otros países, mientras que en el medio militar la donación es de cinco veces superior a ese índice.

También podemos colaborar en la formación de especialistas, porque hay centros acreditados nuestros que tienen excedente de vacantes y podían formar médicos civiles si se les incluye en la red MIR y se les dota económicamente, porque están infrautilizados en su capacidad de formar especialistas, de la misma manera que nos faltan servicios acreditados en otras especialidades y tenemos que formar a nuestros especialistas en hospitales civiles.

— *¿Ha tenido alguna incidencia la incorporación pionera de la mujer a las escalillas militares en Sanidad?*

— No debe incidir de ninguna forma negativa, pero creo que se podía haber aprovechado para dar otra orientación a la incorporación de la mujer a la Sanidad Militar. Se podía haber creado una escala básica, como existe en el ejército americano, en el cual he podido conocer la importancia que tiene en la asistencia el cuerpo auxiliar de enfermería, que llega a tener una generala y tiene una influencia muy beneficiosa. Sería haber creado un tercer escalón con las auxiliares de clínica, que ahora son contratadas civiles.

Por lo demás, yo soy partidario de esta incorporación, tanto para aprovechar las potencialidades de la mujer en puestos de trabajo aptos para ella, dicho sin ningún tipo de machismo, como por el estímulo que supone que existan más aspirantes a un número concreto de puestos de trabajo.

"Hay escasez de médicos. En los últimos años se han marchado de la Sanidad Militar del Aire 48 médicos y sólo se han incorporado 22".

Si hay algún problema será transitorio, como corresponde a toda novedad, y se arreglará con el tiempo.

— *¿Cuál debe ser el futuro de la Sanidad Militar?*

— La Sanidad Militar atraviesa un período de crisis, dicho en un sentido médico, y de las crisis se sale de dos maneras: con un enriquecimiento, o con un deterioro. No debemos olvidar que, en el próximo decenio, la Sanidad Militar va a sufrir una profunda transformación, va a vivir un período crítico por lo ya expuesto y por otros condicionamientos, que serán similares a los que vivan las Fuerzas Armadas, a la vista de lo que pueda ocurrir en los planteamientos generales de la Defensa. Como decía un general americano: "Hay que remontarse a las amenazas". ¿Qué puede pasar con la Sanidad Militar?: Todo dependerá del Plan Estratégico Conjunto y de él, igual que se deriva un objetivo de fuerza común, se derivará un objetivo de apoyo sanitario a esa fuerza.

En general, debe haber un esfuerzo en potenciar la medicina preventiva, evitando que se aisle esta actividad, porque un médico debe mantener una formación continuada y no puede estar viendo constantemente y exclusivamente sujetos sanos. ■

El BAe HAWK: polifacético halcón británico

YAGO FERNANDEZ DE BOBADILLA BUFALA,
Teniente Coronel de Aviación

LA serie de aviones Hawk, reactores de entrenamiento avanzado con capacidad de ataque aire-superficie y de defensa aérea a baja cota, ha sido sin duda uno de los mayores éxitos comerciales de la industria aeronáutica británica, aunque el objetivo inicial de colocar 1.000 unidades en el mercado haya sido una meta imposible de alcanzar. Pero de todos los entrenadores de su generación el Hawk es el único que tiene al parecer asegurada la supervivencia hasta bien entrado el siglo venidero.

Sus orígenes se remontan al año 1971, cuando el Ministerio de Defensa británico seleccionó el proyecto Hawker Siddeley HS1182, para cubrir el requisito ASR 397, de un reactor de entrenamiento avanzado y que permitiera además iniciar al piloto en el empleo de armamento aéreo. Así pues, la primavera siguiente se firmó el contrato con dicha empresa, para producir un avión de pre-serie y 175 aviones de serie, teniendo lugar el primer vuelo tres años más tarde, en agosto de 1974; estando previsto emplear los cinco primeros aviones para el programa de desarrollo y ensayos en vuelo.

Hawk TMK 1 empleado por la RAF para la iniciación de los pilotos en el empleo del armamento y las tácticas aire-superficie.

Las entregas a la RAF se iniciaron en noviembre de 1976, con la llegada a la Base de Valley, de los dos primeros Hawk TMK 1 de un total de 56, para equipar el 4.º FTS, sustiyendo a los Folland Gnat TMK 1 que empleaban hasta entonces.

Posteriormente, la RAF fue dotando con este avión a las unidades de entrenamiento táctico (TWU) en Brawdy y Chivenor, aunque estos Hawk fueron pintados con camuflaje táctico, a diferencia de los estacionados en Valley, que llevan una característica librea rojiblanca.

En los TWU emplean las tres estaciones exteriores de carga del Hawk para llevar, normalmente, un pod cañón en el punto central y dos pods Matra para cohetes o dos lanzadores CBLS de bombas de prácticas, en las estaciones "inboard" bajo los planos.

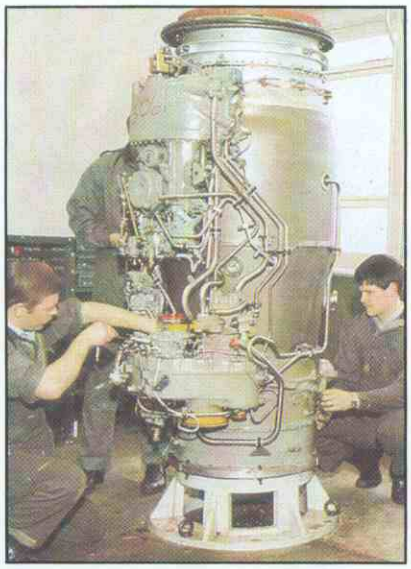
En el proyecto original el Hawk tenía previsto llevar cinco puntos para cargas externas, pero la RAF decidió adquirir los aviones con sólo las estaciones "inboard" operativas.

No obstante, desde que entraron en servicio en los TWU, la RAF les ha asignado la misión secundaria de defensa aérea de punto, dotándoles de la capacidad de llevar un par de misiles AIM-9 Sidewinder bajo los planos, habiéndose modificado un total de 88 HAWK's, que en caso de crisis serían operados por los instructores de Chivenor y Brawdy.

Además de las ya mencionadas unidades, la RAF ha equipado con 12 aviones Hawk a la famosa patrulla acrobática Red Arrows, instalando un generador de humo en la estación central en lugar del pod cañón. Aparte de este detalle los aviones son modelos TMK 1 totalmente operativos y capaces de llevar armamento en caso de necesidad. La escuela de pilotos de prueba ETPS en Boscombe Down recibió asimismo 3 aparatos en 1981, dotados de un cierto número de modificaciones especiales para ensayos, tales como: pantallas e instrumentación adicional en ambas cabinas, un dispositivo de alerta por voz para los ensayos de barrenas y un sistema modular de obtención de datos que registra un cierto número de parámetros en cinta magnética. Uno de estos aparatos ha sido recientemente modificado con un sistema de estabilidad variable, que le permite simular el dominio de vuelo y las características de manejo de un caza moderno.

Ciertamente el Hawk TMK 1 es un magnífico reactor de entrenamiento, aunque se adapta mejor para la fase avanzada que para la básica. El piloto instructor dispone de una excelente visión desde la cabina posterior, que debido a su ligera elevación sobre la cabina anterior, le permite seguir todas las maniobras que realiza el alumno, incluso durante la aproximación y el aterrizaje. El avión es totalmente acrobático y permite el entrenamiento en barrenas intencionadas. Por otra parte puede sobrepasar el Mach 1 en picado y alcanza los 560 Kts al nivel del mar. Esto permite que los pilotos de la RAF, tras hacer el entrenamiento básico en el turbo hélice Shorts TUCANO y el avanzado en el Hawk, pasen a una de las TWU para entrenamiento táctico sin tener que adaptarse a un nuevo avión y pudiendo volar a baja cota a velocidades similares a los aparatos de combate de primera línea, favoreciendo así la calidad del entrenamiento.

La Patrulla Acrobática de la RAF (los Red Arrows) opera con 12 aviones Hawk TMK 1, especialmente modificados para dar una mayor vistosidad a sus espectaculares exhibiciones.



El diseño modular del motor Adour simplifica las tareas de mantenimiento y aumenta la disponibilidad operativa.

LA SERIE MK 50

Pero los diseñadores del HAWK pronto se percataron del considerable potencial para desarrollar este avión más allá de las especificacio-

nes fijadas por la RAF. De modo que British Aerospace inició por su cuenta una serie de mejoras en el diseño que culminaron en el modelo MK 50, primera de las versiones de exportación del HAWK, cuyo prototipo voló en mayo de 1976.

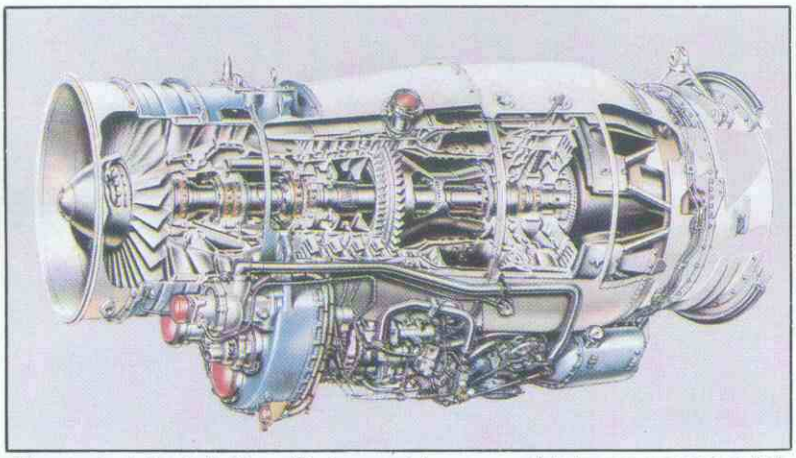
Conservando el mismo motor Adour, aunque mejorando el tiempo de aceleración, se le colocaron las cinco estaciones de carga externa, dos de ellas con capacidad de llevar depósitos lanzables y las de los planos pudiendo llevar lanzadores dobles con una capacidad de 515 Kg. de armamento. La aviónica se mejoró sensiblemente, pudiendo llevar todo tipo de equipos de navegación e identificación (TACAN, VOR, ADF, ILS e IFF/SIF), se añadió un detector de ángulo de ataque. Las cualidades de vuelo y la estabilidad también se mejoraron para lograr una adecuada precisión en el empleo del armamento, incorporando también un paracaídas de frenado, alojado sobre la tobera del motor para acortar hasta en un 20 por ciento en la carrera de aterrizaje.

El primer cliente de esta versión fue Finlandia, que a final de 1977, firmó la compra de 50 HAWK MK 51, que, exceptuando los cuatro primeros, fueron ensamblados por la empresa Valmet OY. Además de para entrenamiento avanzado de sus pilotos, la fuerza aérea finlandesa emplea los HAWK para el entrenamiento operativo previo a la conversión al Saab Draken y al Mig 21. Los MK 51 finlandeses carecen de paracaídas de frenado.

Poco después Kenia decidió adquirir 12 HAWK MK 52, recibiendo los primeros en abril de 1980. Indonesia a su vez contrató un primer lote de 8 MK 53 y luego 12 más en tres lotes, habiendo finalizado las entregas en marzo de 1984.

LA SERIE MK 60

A medida que aumentaba la experiencia operativa en el HAWK, se estudiaron nuevas mejoras. Las más significativas fueron a consecuencia de los esfuerzos de Rolls Royce y Turbomeca para lograr un motor Adour más potente para el Jaguar-International. Así surgió el Adour 861 que con 5700 lb de empuje estático, proporcionaba una mejora de un 8% en el despegue y de hasta un 20% a partir de 0.7 Mach. Esto permitió aumentar el peso máximo hasta 19.000 lb, aunque hubo que reforzar las ruedas, instalar un dispositivo anti-skid y poner definitivamente el paracaídas de frenado.



El motor turbofán Rolls Royce/Turbomeca Adour, cuya calidad y robustez está avalada por las más de 2.000 unidades construidas.

Aerodinámicamente también se introdujeron cambios pequeños pero significativos en el borde de ataque del ala y en el sistema de flap, para reducir la carrera de despegue y mejorar las cualidades de vuelo y los regímenes de viraje en combate. Se añadieron tres pequeñas aletas de control de capa límite en cada plano, así como dos pequeñas tiras en los bordes de ataque para mejorar las características de control en pérdida. Estas tiras permitían el manejo despreocupado del avión pero con una penalización en la sustentación.

La cabina sufrió asimismo algunas modificaciones y la capacidad de carga externa se incrementó hasta 2.000 lb por estación hasta 4 ges o 1.135 lb hasta 8 ges. Se desarrollaron depósitos externos de 590 lt y 860 lt, frente a los 450 lt de los drops del MK 50: y las estaciones "outboard" fueron certificadas para llevar misiles aire-aire.

El HAWK con estas mejoras pasó a ser el MK 60, siendo Zimbawe el primer cliente con 8 aviones entregados en 1982. Esta versión pasó a ser el avión preferido por las fuerzas aéreas del Golfo Pérsico, con 9 MK 61 para Dubai, 16 MK 63 para Abu Dhabi, 12 MK 64 para Kuwait, más de 30 MK 65 para Arabia Saudita, y 20 MK 66 para Suiza.

CARACTERISTICAS DEL BAe HAWK MK 60

Avión biplaza de entrenamiento avanzado

DIMENSIONES:

Envergadura	9.4 m.
Longitud	11.85 m.
Aitura	4.0 m.

PESOS:

Vacío	3.635 Kg.
Máximo	8.600 Kg.
Carga armamento	3.100 Kg.
Combustible	1.360 Kg.

MOTOR:

Un turbofán Rolls-Royce / Turbomeca Adour 861 de 5.700 lb de empuje al nivel del mar.

ASIENTOS LANZABLES:

Dos Martin Baker MK 10B con capacidad cero / cero.

ACTUACIONES:

Carrera de despegue — 1.800 pies (avión limpio).
Tiempo de subida a 30 Kft — 6 minutos.
Velocidad máxima a 8.000 pies — 0.87 Mach.
Velocidad máxima en picado — 1.2 Mach.
Techo operativo — 50.000 pies.
Carrera de aterrizaje — 1.600 pies.

RADIOS DE ACCION:

Alto-Bajo-Alto con 2.000 lb — 750 MN.
Alto-Bajo-Alto con 6.000 lb — 275 MN.
Pat. Aérea de Combate a 440 MN — 2 horas.

EL HAWK MK 100

Los Hawk de las series MK 50 y 60, a pesar de su considerable capacidad de carga de armamento, nunca han dejado de ser sobre todo entrenadores, y su equipamiento es el adecuado para esta función. Sin embargo, British Aerospace llegó a la conclusión de que era posible instalar un sistema de navegación y ataque más sofisticado,

sin sacrificar la cabina trasera. Así surgió el concepto de la serie MK 100 como una iniciativa privada de BAe, en cooperación con Smiths Industries y Control Data Corp.

Los elementos clave de esta serie son: una moderna plataforma inercial Singer-Kearfott dotada de un computador digital; un Head-Up-Display asociado a un calculador de tiro, desarrollados por Smiths Ind; y una combinación de sensor y calculador de datos aéreos, de gran precisión.

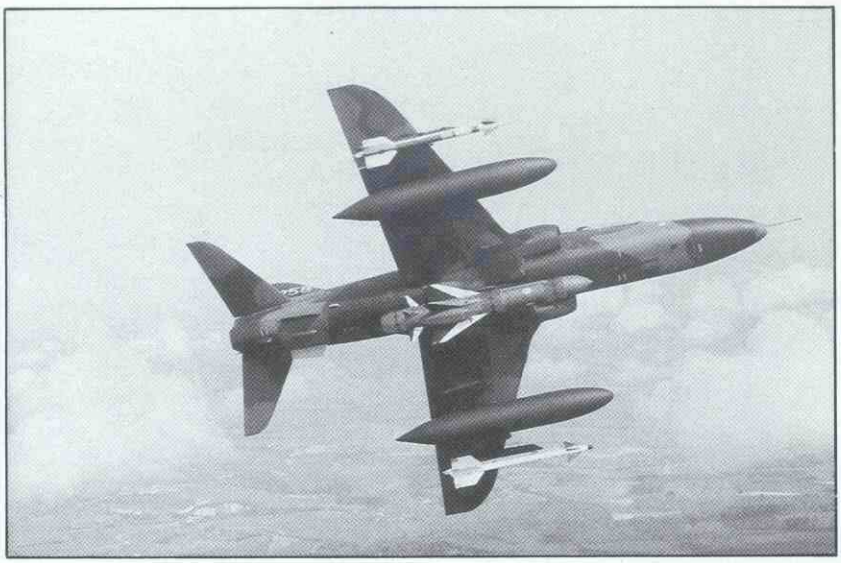
La cabina posterior está dotada de un monitor TV en lugar del HUD, con lo que su ocupante puede optar entre supervisar lo que vé el piloto gracias a una diminuta cámara de TV instalada frente al HUD, o alternativamente operar con el armamento que requiera una pantalla de TV.

Además ambas cabinas incorporan una pantalla polícroma multimodo y los mandos de vuelo han sido rediseñados según el concepto HOTAS (Manos sobre Palanca y Gases). Todos los componentes del sistema de aviónica están enlazados por una barra de datos digitales MIL-1553-B, para permitir el máximo de flexibilidad en aceptar futuras modificaciones.

El sistema Collins de comunicaciones, con radios de UHF y VHF, TACAN, VOR/ILS e IFF/SIF, es el mismo de la serie 60, pero el MK 100 lleva un equipo alertador de radares y la posibilidad de ponerle un lanzador de chaff y bengalas bajo el fuselaje posterior, así como de llevar un pod de ECM en la estación central. Otras opciones son un sistema FLIR en el morro o un telémetro láser orientable en un carenado frontal. La considerable capacidad de armamento del MK 60 podría verse aumentada con el misil AGM 65 Maverick, en cualquiera de sus versiones, o el misil antibuque Sea Eagle.

El motor Adour también se modificó hasta la versión 871. Mejorado específicamente para operar con elevadas temperaturas ambientales, este motor no sólo da un 25% más de empuje estático que el motor original, sino que entre Mach 0.7 y 0.8, el incremento del empuje a baja cota es de un 30% a un 40%, permitiendo que el HAWK 100 pueda alcanzar una velocidad de penetración de 515 Kts armado con 5 bombas de 500 Kg.

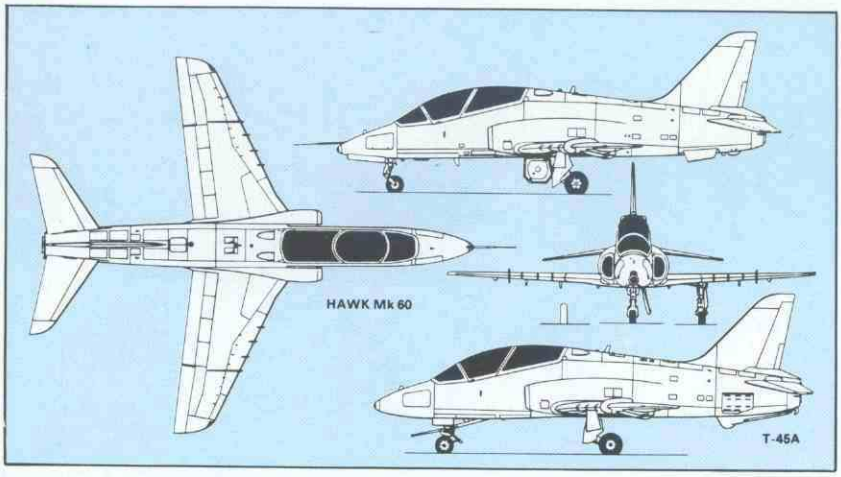
Los cambios en la aerodinámica



El Hawk 200 puede emplearse para interdicción marítima armado con el misil antibuque Sea Eagle.

Hawk MK 60 empleado por los Emiratos Arabes Unidos para la formación de sus pilotos de reactores.

Hawk 60 armado con 36 bombas antipista y un pod cañón Aden bajo el fuselaje.



han sido mínimos, limitándose a variar el perfil del borde de ataque, mejorar los flaps y rediseñar los dispositivos de control de la pérdida. El resultado es un aumento del 30% en la sustentación útil, prácticamente en todo el dominio de vuelo. Esto permite que el HAWK 100, en la configuración de entrenamiento y con el 60% de combustible, logre alcanzar 8 ges a 500 Kts, y sostener 6.5 ges.

Siendo ya de por sí un avión de ataque de gran eficacia, con un equipamiento idóneo para las misiones de apoyo aéreo cercano e interdicción del campo de batalla, el HAWK 100 resulta además una excelente plataforma para entrenar a los futuros ocupantes de aviones biplaza tales como el Tornado o el F-15E. Actualmente este personal se entrena en aviones que no son representativos de la velocidad y agilidad de un caza, o por el contrario tienen que hacerlo en aquellos mismos aviones, con un coste por hora de vuelo muy superior.

El país que tenía previsto inaugurar la cadena de producción del HAWK 100 debería haber sido Venezuela, llegando a firmar un contrato en 1981. Pero el conflicto de las Malvinas con Argentina provocó la cancelación del pedido. De momento, BAC ha modificado uno de los primeros aviones, el G-HAWK, convirtiéndolo en el demostrador del HAWK 100 para promoción y validación de tecnología.

EL T-45 GOSHAWK DE LA U.S. NAVY

En noviembre de 1981, la U.S. Navy anunció la selección del avión Hawk para el componente aéreo del Sistema de Entrenamiento T-45. Este concepto, que engloba aviones, simuladores, instrucción por ordenador y mantenimiento contratado, fue adjudicado a McDonnell Douglas, con British Aerospace como subcontratista principal para el avión y Sperry Systems para los simuladores y ordenadores.

Esta decisión impulsó con fuerza el programa Hawk, ya que añadía 302 nuevas unidades al total de la producción, a pesar de que la cadena de montaje final del Goshawk está en Long Beach.

Aunque el T-45 es inequívocamente un Hawk, hubo que introducir extensas modificaciones para permitir la operación desde un portaaviones y para cumplir los requisitos específicos de la U.S. Navy. En primer lugar hubo que añadirle un gancho de frenado, reforzarle el tren de aterrizaje para aguantar el apontaje y adaptar el tren de morro para el lanzamiento por catapulta, poniéndole además doble rueda delantera. Se modificó el diseño del morro para alojar el nuevo tren delantero, se amplió la vía del tren principal y se sustituyó el aerofreno central por dos situados en los costados junto a la cola. Por el contrario, la doble aleta ventral del Hawk se cambió por una sola, en la que se encastra el gancho de cola.

Los restantes cambios afectan principalmente a la cabina. La USN requiere que el avión lleve indicador de ángulo de ataque y visores de tiro en ambas cabinas. El Goshawk lleva también un sistema autónomo de generación de oxígeno, en lugar de la tradicional botella de O2, y respecto al motor, la Navy decidió emplear el Adour 861-49 con el empuje reducido a 5.450 lb, con la opción de más adelante instalar el Adour 871 más moderno. El prototipo voló en abril de 1988 y ya hay un segundo prototipo efectuando ensayos.

Las primeras entregas de T-45 Goshawk a la marina estadounidense están previstas a partir de 1990 y finalizarán a mediados de 1997. La primera unidad de entrenamiento con T-45 entrará en servicio en 1991.

EL MONOPLAZA HAWK 200

La lógica evolución en el diseño del Hawk y las posibilidades de este

T-45A Goshawk, seleccionado por la US Navy para el entrenamiento básico y avanzado de sus pilotos.

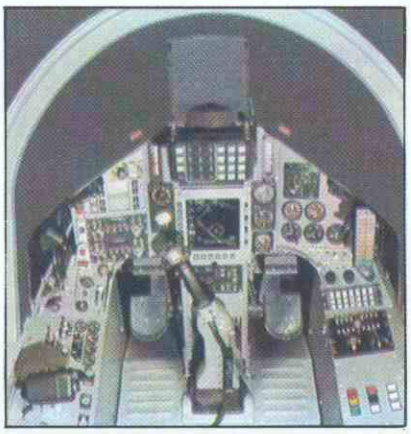
avión para la misión de ataque apuntaban claramente a la viabilidad de una versión monoplaza. El éxito de un avión subsónico como el Sea Harrier en la guerra de las Malvinas y el hecho de que algunas fuerzas aéreas descartan de entrada el empleo de un avión biplaza para la misión de ataque a superficie corroboraron esta impresión. Efectivamente, pocas fuerzas aéreas disponen del personal adecuado (navegantes u operadores de armas) para ocupar la cabina posterior de un avión táctico; y otras reaccionan visceralmente contra un biplaza de ataque como el Hawk 100, alegando que aparenta ser un entrenador con bombas, más que un caza táctico con dos cabinas.

Prototipo de demostración del Hawk 100 subiendo a la vertical, armado con 2 misiles Sidewinder y un cañón Aden.

Por el contrario se podría alegar que la creciente sofisticación de las armas modernas requieren la presencia de un segundo tripulante para dedicarse plenamente a las pantallas de los sensores a la designación de blancos, a la operación de la ECM y a estar alerta contra los misiles T/A. Pero tras un estudio del mercado potencial, y teniendo en principio como único competidor al AMX italo-brasileño, British Aerospace se lanzó en 1984 a la aventura privada de desarrollar el monoplaza Hawk 200.

Aprovechando la experiencia adquirida en el diseño del Hawk 100, BAe reconfiguró todo el fuselaje frontal a partir de la unión con el borde de ataque del plano. Este concepto permite todavía conservar un 80% de elementos comunes con el Hawk biplaza, ya que tanto el motor, como los planos, la cola y el fuselaje posterior son idénticos.

El nuevo morro permite la instalación de un radar con una antena de 61 cm. de diámetro y alojar bajo la cabina dos cañones internos con su munición, pudiendo elegir entre el Mauser de 27 mm., los cañones



Vista de la cabina delantera del Hawk 100 con la pantalla multimodo y el HUD para presentación de datos al piloto.

Aden de 30 mm. y el nuevo Aden de 25 mm., desarrollado para el Harrier Gr 5. La mayor longitud del segmento del morro y el hecho de que la posición del tren delantero se ha retrasado, proporciona una espaciosa bodega de aviónica con capacidad para alojar sin problemas equipos como el navegador inercial, el alertador de amenazas, el calculador de tiro y el HUD, el IFF y el registrador vídeo. No obstante BAe ofrece el Hawk 200 en tres configuraciones de morro, de creciente complejidad y precio.

El prototipo del Hawk 200 voló el 19 de mayo de 1986, pero desgraciadamente se estrelló antes de dos meses, justo cuando el avión iba a hacer su debut ante la prensa. Esto provocó un lógico retraso en el programa, hasta que el segundo prototipo pudo volar en abril del año siguiente, equipado prácticamente con toda la aviónica prevista. Además de un HUD de Smiths y un inercial de Singer-Kearfott, se le instaló una pantalla multimodo a color justo debajo del Head-Up-Display.

Los mandos de vuelo, concebidos según la filosofía HOTAS, proporcionan al piloto el control, desde la palanca de mando de la compensación de alabeo y cabeceo, la selección del armamento aire-aire y aire-tierra, el botón de la radio, el gatillo y los botones para rechazar la selección del misil y el armamento; y en el mando de gases lleva el interruptor de los aerofrenos, el de el encendido del motor, el de lanzamiento de chaff y bengalas, el botón de la radio y el selector de los flaps de combate. Este último permite emplear 10° de flaps hasta 350 KIAS, para mejorar las características de maniobra y reducir el radio de viraje.

Otras modificaciones incluyen un robustecimiento general del tren y los frenos para aumentar el peso máximo operativo hasta 9.100 Kg. y la extensión de la deriva en 15 centímetros, añadiendo además una antena del alertador radar en el borde de ataque y una protuberancia en la base de la deriva para alojar la antena posterior del alertador y el lanzador de chaff y bengalas justo encima del paracaídas de frenado .

La capacidad de carga de armamento del Hawk 200 es de 3.500 Kg., conservando una característica de diseño común a todos los modelos: el centro de gravedad de las

Aunque el Hawk 200 no es un caza de superioridad aérea, su bajo consumo le permite mantenerse en patrulla durante largo tiempo.

cargas externas está situado en línea con el C.G. del avión. De este modo, a pesar de llevar colgadas armas de gran peso, esto no provoca cambios apreciables en la compensación del avión ni en las cualidades de vuelo.

Aunque BAe no pretende que el Hawk 200 sea considerado un caza de superioridad aérea, su dotación de misiles aire-aire de guía IR y el consumo relativamente bajo de su motor Adour, le confieren la capacidad de mantenerse largo tiempo patrullando a gran distancia, picar supersónicamente hacia el blanco y emplear sus misiles. E incluso es capaz de mantener un viraje de 360° a 6 g's con una tasa de consumo inferior a 110 lb/min.; si comparamos ésto con el consumo más de seis veces superior de cualquier caza moderno, veremos que el Hawk 200 puede seguir empeñado en combate cuando los otros tengan que romper para dirigirse a casa. E incluso con 3.000 lb de cargas externas puede emplear su potencial de ceñir a 8 g's.

Para la misión de interdicción, este pequeño reactor puede alcanzar objetivos situados a 338 MN, volando a baja cota, con una carga de tres bombas de 1.000 lb y dos tanques de 860 lt. En apoyo aéreo cercano, y siempre a baja cota, puede actuar a 200 millas naúticas de la base con cuatro bombas de 1.000 lb y un tanque de 590 lt. Para interdicción naval, armado con tres misiles Sea Eagle y dos tanques de 590 lt, el Hawk 200 puede atacar buques hasta a 333 M/N de distancia con un perfil alto-bajo-bajo-alto. Finalmente, en la configuración de reconocimiento, dotado de cámaras en el morro y tres tanques externos puede volar a 500 pies de altura y 350 K's y fotografiar objetivos a 460 MN.

CARACTERISTICAS DEL BAe HAWK 200

Avión monoplaza ligero de ataque

DIMENSIONES:

Envergadura	9.4 m.
Longitud	11.3 m.
Altura	4.15 m.

PESOS:

Vacío	4.135 Kg.
Máximo	9.117 Kg.
Carga armamento	3.500 Kg.
Combustible interno	1.705 Kg.
Combustible externo	2.310 lt.

MOTOR:

Un turbofán Rolls-Royce / Turbomeca Adour 871 de 5.845 lb de empuje al nivel del mar.

ASIENTO LANZABLE:

Un Martin Baker MK 10 L con capacidad cero / cero.

ACTUACIONES:

Carrera de despegue — 1.800 pies (avión limpio).
Velocidad máxima al nivel del mar — 562 Kts.
Velocidad máxima en picado — 1.2 Mach.
Techo operativo — 50.000 pies.
Máximo régimen de viraje — 22° por segundo.

RADIOS DE ACCION:

Alto-Bajo-Alto con 3.000 lb — 580 MN.
Interceptación con 2 AIM-9 — 720 MN.
Interdicción naval con Sea Eagle — 800 MN.
CAS con 4.000 lb — 200 MN.

CONCLUSION

Aunque BAe no ha conseguido todavía un cliente que lance la producción del Hawk 200, es obvio que existe un excelente mercado potencial en Oriente Medio y Africa, sobre todo en aquellos países que ya poseen otros modelos de Hawk en sus inventarios, y que necesitan un avión de combate y ataque ligeros, no excesivamente caro y fácil de mantener.

Pero es indudable que las excelencias del diseño básico de este pequeño reactor de entrenamiento han permitido a British Aerospace ir modernizándolo y adaptándolo a las necesidades del mercado, de forma, que su futuro sigue siendo prometedor y, al igual que ocurrió con el longevo Hawker Hunter, seguiremos viendo versiones de este polifacético avión probablemente incluso después del año 2000. ■

Con objeto de posibilitar la separación del póster del despiece del Hawk-200, se inserta en las páginas centrales de la revista.

DOSSIER

El Láser

YA en 1917, el genio científico Albert Einstein especulaba acerca de lo que más tarde denominaría ***una espléndida luz:*** *de cómo bajo ciertas condiciones, los átomos o las moléculas podían absorber la luz y luego ser estimulados para emitir esta energía. Anteriormente, en 1898, el padre de la ciencia ficción, H.G. Wells, preveía lo que pudiera ser el antecesor del láser en su novela* ***la guerra de los mundos****, en la que una de las armas de los marcianos asemeja, por sus efectos, los usos militares que están siendo investigados y desarrollados en la actualidad. También aparece en forma de* ***rayo de la muerte*** *en los comics de Flash Gordon.*

Pero no es hasta la década de los 50 cuando se llega a un postulado teórico de este fenómeno, logrado independientemente, pero casi al mismo tiempo por científicos soviéticos y estadounidenses, que plantearon que esta energía captada podía ser multiplicada al emitirse de nuevo. Por último, en julio de 1960, cuando Theodore H. Maiman investigaba el paso de una luz intensa a través de una barra de rubí sintético, vió cómo aparecía un haz de luz carmesí tan brillante que era comparable a la del Sol: había nacido el primer LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

A partir de ese momento, la investigación en el campo del láser sería constante, llegando a nuestros días con un asombroso abanico de tipos y posibilidades, variando la anchura del haz, abarcando todo el espectro desde ultravioleta a infrarrojo, con tiempos de emisión desde nanosegundos hasta decenios y un gran margen de energía transmitida, etc.

En cuanto a sus aplicaciones, de las que dan noticia los artículos de las siguientes páginas, son variadísimas. Abarcan usos militares, del que es claro ejemplo el proyecto SDI (Strategic Defense Initiative) iniciado por el Presidente estadounidense Reagan, y comúnmente llamado ***Guerra de las Galaxias****, en el que entre otras, el láser será un arma de particular importancia en la posible destrucción de misiles adversarios. Y llegan a cubrir casi todos los usos científicos y pacíficos, como son: el campo médico (en el que se usa, entre otros, como bisturí de alta precisión), medición, soldadura, fabricación, información, y otras muchas.*

Es por su extraordinaria importancia y su inmenso interés para el Ejército del Aire, por lo que la Revista de Aeronáutica y Astronáutica ha querido presentar esta modesta aportación a su difusión en forma de Dossier, preparado por profesionales de prestigio y expertos en la materia. Los temas y sus autores son:

- *J. M. Orza, Profesor de Investigación del CSIC, Instituto de Estructura de la Materia, que expone los principios fundamentales del láser.*
- *El Comandante (IA), Moisés Fernández Alvaro, Licenciado en Ciencias Físicas, Master en Ingeniería Física-Optica Láser, que comenta sobre la ficción o realidad del armamento láser.*
- *El profesor J.M. Orza se ocupa de las aplicaciones industriales de los láseres de alta potencia.*
- *Juan José Jiménez Lidón, Jefe de División, Relaciones Técnicas Externas de Telefónica I + D, explica las grandes posibilidades de transmisión de información, civil y militar, mediante el uso de la optoelectrónica.*
- *Rafael Boloix Carlos-Roca, Capitán de Corbeta, relata el uso de la telemetría láser por el Real Instituto y Observatorio de la Armada.*
- *Javier Santamaría Salazar, Doctor en Ciencias Físicas de SENER Ingeniería y Sistemas, explica un área particular del láser: la holografía.*
- *Por último, Carlos Mora Jordá, Jefe del Servicio de Rehabilitación del Hospital del Aire, escribe acerca de la utilización del láser en medicina.*

Sólo nos resta animar a nuestros científicos a seguir descubriendo nuevos empleos del láser, a medida que los investigadores vayan dominando su uso con un conocimiento cada vez mayor. ■

Los láseres. Principios fundamentales

JOSÉ MANUEL ORZA SEGADE,
Profesor de Investigación del CSIC.
Instituto de Estructura de la Materia

JOSE MANUEL ORZA SEGADE

JOSE Manuel Orza Segade, nació en Puente Ulla (La Coruña), en el año 1931; estudió el bachillerato en Lugo, la licenciatura en Química en Santiago de Compostela y realizó un doctorado en Química-Física en la Universidad Complutense de Madrid. Es Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en el que fue creador y Jefe de la Unidad de Física Molecular del Instituto de Estructura de la Materia. Fue también durante siete años Director de este Instituto.

Ha sido el Director del Programa Movilizador del CSIC "Láseres y sus Aplicaciones" (1985-88), y es actualmente representante español en el "CO_2 Laser Council" del Proyecto EUROLASER. Ha promovido la creación de la "Fundación Madrid-Láser", que mediante un acuerdo entre el CSIC y el Instituto Madrileño de Desarrollo, implantará un Centro de Aplicaciones Industriales de los Láseres al servicio de las actividades industriales y académicas de la región de Madrid.

UN INSTRUMENTO DE TRABAJO VERSATIL

LOS primeros láseres, uno de rubí y después uno de helio neón, funcionaron en laboratorios de investigación en los Estados Unidos en 1960. Desde entonces, éstos y otros tipos de láseres (la mayor parte de ellos desarrollados inicialmente en la década de los años 60) han venido introduciéndose continuadamente en una gran variedad de aplicaciones, en las comunicaciones, medicina, fabricación industrial, sistemas militares, y otras que afectan más directamente a la vida diaria, como supermercados y espectáculos audiovisuales.

A la vez, se han convertido también en un instrumento de trabajo inapreciable e insustituible para un gran número de tareas de investigación científica, desde cuestiones de fundamentación de las teorías científicas más generales —mecánica cuántica, relatividad, gravitación, etc.— a detalles extremadamente finos, indicativos de todo tipo de efectos sobre los estados de energía de átomos, moléculas, iones u otros componentes de la materia y de su interacción con la radiación electromagnética.

Todo esto hace del láser el protagonista de un nuevo tipo de actividad industrial. La fabricación de láseres y sistemas láser (sistemas que utilizan o incluyen láseres en su diseño) ocupa actualmente en el mundo occidental, a unas mil doscientas empresas, con cifras globales de ventas en torno a seis mil millones de dólares.

Coincidiendo con este desarrollo y, en gran parte, como resultado de una interacción sinergética, se ha producido una proliferación de otras tecnologías, dispositivos y sistemas, basados en la interconversión de señales y energías ópticas y electrónicas. Es éste el campo de actividad de la electro-óptica, con aplicaciones de análoga importancia en los mismos o análogos ámbitos de actividades que los láseres.

Las actividades combinadas de estos dos campos, a cuya reunión suele aludirse con el término "fotónica", dan lugar a la existencia de unas dos mil empresas a nivel mundial, con cifras de ventas anuales de decenas de miles de millones de dólares.

¿Por qué ese carácter versátil de los láseres, aplicables a prácticamente cualquier clase de actividad? Un haz láser es energía en la forma de un haz luminoso. (Un "concentrado de luz", se dice a veces de la radiación emitida por un láser). Esto significa energía altamente organizada, disponible y utilizable en función de los varios parámetros que pueden distinguir o caracterizar a un haz de luz; que se puede llevar fácil y rápidamente de un sitio a otro, señalar o codificar en alguno de sus varios parámetros, concentrar en un punto preciso, exactamente con las características apropiadas para alguna acción deseable. Es "energía a medida" que sólo es necesario saber utilizar para hacer con ella todo lo que se quiera.

UN HAZ DE LUZ COHERENTE

UN láser es una fuente de luz. El sol, un cuerpo incandescente, un tubo de neón (de un anuncio luminoso) son también fuentes de luz. Un haz de radiación (o luz) láser y un haz de luz ordinaria se diferencian fundamentalmente en lo que los expertos llaman su coherencia: *el láser es una fuente de luz coherente".*

Para comprender este concepto debe recordarse que la luz se comporta en muchos experimentos físicos como un fenómeno ondulatorio; como constituida por ondas electromagnéticas. En otros experimentos, sin embargo, se describe mejor como formada por un flujo de "corpúsculos de energía" o "fotones". La teoría cuántica asume y concilia ambos aspectos. Un físico notable propuso por ello introducir una nueva

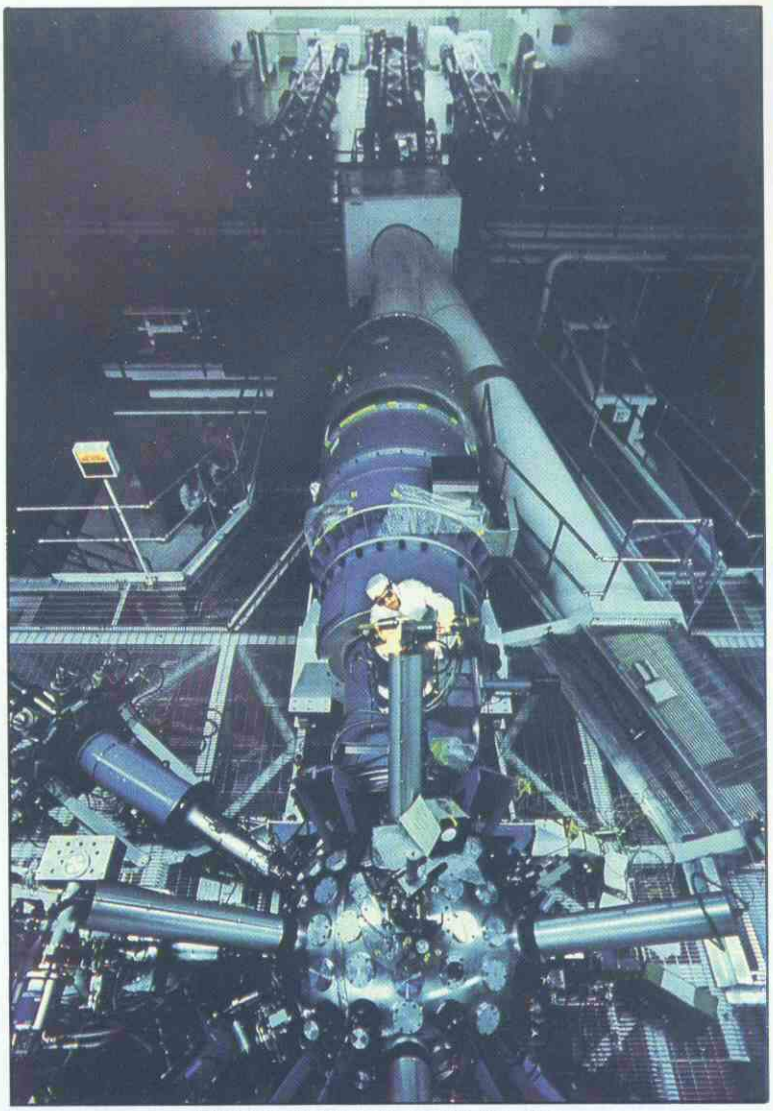
palabra, un híbrido de onda y partícula, "ondícula" por ejemplo, para describir la situación. No podemos entrar aquí en la fundamentación de la mecánica cuántica por lo que nos arreglaremos con la idea de un fenómeno ondulatorio que propaga energía electromagnética a la velocidad más grande posible, la velocidad de la luz.

De acuerdo con esa idea, un rayo de sol incidiendo, por ejemplo sobre una hoja de papel, se describiría como constituido por un gran número de pequeñas ondas que llegan a la vez a esa superficie, procedentes del sol, sin prácticamente ninguna otra relación entre ellas. En el caso de un haz de radiación láser, sin embargo, hay relaciones definidas entre las ondas (o las ondículas) componentes.

En cualquier fenómeno ondulatorio, como es, por ejemplo, el caso de las ondas que se propagan, en la superficie de un estanque, se distinguen una serie de características del tipo de la distancia entre ondas consecutivas (longitud de onda), del número de ellas que pasan en la unidad de tiempo, por un punto dado (frecuencia) y, con más generalidad, el estado de movimiento (o de "perturbación") de un punto dado, (que puede estar alto, bajo, en algún punto intermedio, etc.). El término técnico que caracteriza este "estado de movimiento" es *la fase*. Un fenómeno ondulatorio cualquiera es *coherente* si existen *relaciones de fase definidas*, bien entre distintos puntos del medio en el que se establece el fenómeno (por ejemplo, de un frente de ondas), bien en un punto dado, entre tiempos diferentes. Se habla, en el primer caso, de *coherencia espacial* y en el segundo de *coherencia temporal*.

Frecuencia, polarización, fase, son también características de las ondículas, o de los fotones que componen un haz luminoso. Estos fotones pueden o no estar correlacionados entre sí en un haz de luz dado; si lo están el haz es coherente. Son posibles también grados en cuanto a la coherencia de un haz. En cualquier caso, un haz láser es siempre un haz coherente.

Una analogía simple es la de una tropa en movimiento. Un haz láser es como una tropa formada, uniformada y llevando el paso. Un haz de luz ordinaria es como una multitud que va a lo largo de un camino (y todos a la misma velocidad) pero cada cual a su aire.



Aplicación del láser a la energía disuasión.

TABLA I. Bombeo del Medio Activo

TIPO DE BOMBEO	MEDIOS		ALGUNOS EJEMPLOS
Optico	estado sólido		láser de Rubí y Nd-YAG
	líquidos		láser de colorante
	gaseosos de fotodisociación		láser de I
Paso de corriente eléctrica	gaseosos	átomos neutros	He-ne, He-Cd, Cu
		iones	Ar^+, Kr^+
		moleculares	Co_2, N_2, excímeros
	estado sólido (semiconductor)		Ga As
Térmico (dinámica de gases)	gaseosos		CO_2-N_2-H_2O
Químico	mezcla de gases inyectados a gran velocidad		$F + H_2 \rightarrow HF^x + H$
Electrones de baja temperatura en un plasma	gaseosos	iónicos	Sr-He (Sr^+)
		nucleares	He-Hg, CO
Radiación por desviaciones múltiples de partículas ligeras por campos magnéticos	láser de electrones libres		

De la coherencia espacial se deriva el carácter de "direccionalidad" típico de los haces láser, que pueden enviarse a grandes distancias sin apenas "abrirse". Aunque incluso un haz láser tiene una cierta divergencia, inevitable, esta puede ser muy pequeña: se mide en términos de miliradianes. Es este carácter de direccionalidad lo que permite enfocar toda la energía transportada por un haz láser en "un punto" o, mejor un pequeño círculo con un radio del orden de la longitud de onda de la luz (de 10 a 1 milésimas de milímetro (μm) en el infrarrojo, de 0,5 μm en el visible).

La coherencia temporal se relaciona con el carácter monocromático en la radiación y hace posible la interferencia de "partes" de un mismo haz láser que han recorrido caminos diferentes. Aplicada a la medida de longitudes, la interferometría láser permite apreciar hasta décimas o centésimas de micra (milésima de milímetro) en distancias de varios metros.

El grado de monocromaticidad de la radición láser, o pureza espectral, es especialmente importante en Espectroscopía; los láseres de colorantes producen radiación con anchuras espectrales tan pequeñas como la cienmillonésima parte de la frecuencia de la radiación utilizada. Con precauciones especiales para estabilizar y reducir aún más esta anchura pueden lograrse estandars de frecuencia con pureza superior a 1 parte en 1 billón (10^{12}).

LA EMISION ESTIMULADA DE RADIACION, FUNDAMENTO DEL LASER

EL fundamento del láser, la posibilidad de crear un haz de luz coherente, estriba en el concepto de emisión estimulada de radiación.

Para su mejor comprensión conviene considerar brevemente los procesos de absorción y emisión de radiación electromagnética. Estos procesos constituyen uno de los mecanismos principales por los que los cuerpos físicos intercambian energía con su entorno. A través de ellos puede, eventualmente, alcanzarse un equilibrio termodinámico.

Si comunicamos energía a un cuerpo material, por alguno de los varios modos posibles de hacerlo, sus unidades componentes (átomos, moléculas o distribuciones más complejas) *se excitan*: pasan de un cierto estado energético a otro con mayor contenido de energía. El retorno del estado excitado a un estado más bajo (el inicial u otro) se hace frecuentemente con *emisión* de la diferencia de energía en la forma de un "cuanto de luz" (o una "ondícula" en el lenguaje alternativa que indicábamos más arriba). La frecuencia de esa onda es proporcional a la diferencia de energía de los niveles entre los que el átomo, la molécula, o el sistema que sea, experimenta la transición.

Los cuerpos que vemos coloreados *absorben* algunos de los colores de la luz visible, con frecuencias equivalentes a diferencias de energía entre posibles estados de sus componentes. Hay también absorción a frecuencias características de cada sustancia en las regiones infrarroja y ultravioleta. Por supuesto, para que una sustancia absorba luz tiene que haber en la luz incidente fotones con la frecuencia justa, correspondiente a la diferencia de energía entre los niveles característicos de esa sustancia.

A través de un simple razonamiento termodinámico (basado en poco más que el principio de conservación de la energía) Einstein mostró en 1917 que tienen que existir relaciones cuantitativas estrictas entre las tasas de absorción y emisión, de tal manera que la emisión de luz por átomos excitados puede ser influida por la presencia de un "campo de radiación".

En otras palabras, el proceso de emisión generalmente considerado espontáneo, puede también ser inducido. Si el proceso es inducido el nuevo fotón es idéntico en todo al inductor: tienen la misma frecuencia y polarización, la misma dirección de propagación y la misma fase. La probabilidad de esta emisión inducida es tanto mayor cuanto mayor es la densidad de fotones inductores presentes.

El concepto de emisión inducida hace imaginable la "elaboración" de un haz de luz coherente de alta potencia a través de un proceso de *amplificación* de luz. Para ello se debe excitar convenientemente un sistema material, llevando sus componentes a niveles de energía altos, desde los que puedan ser estimulados a emitir, en coincidencia con un haz coherente inicial más débil.

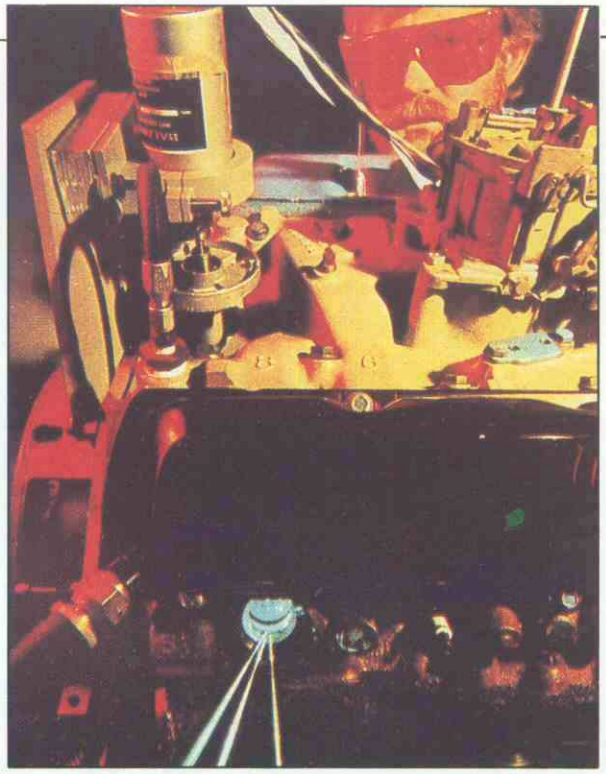
LOS COMPONENTES ESENCIALES DE UN LASER

PARA hacer una fuente de luz coherente, un láser, es necesario aún añadir un *resonador*, con el que se pueda crear el haz inductor y mantenerlo en contacto con el medio activo para retroalimentar el amplificador. El dispositivo utilizado para ello ha sido el "resonador de Fabry-Perot", constituido esencialmente por dos espejos de alta reflectividad capaces de retener entre ellos la radiación luminosa cuya longitud de onda sea una fracción exacta de la longitud del resonador. El haz inductor se puede crear así, a partir de la emisión espontánea, seleccionando los fotones que van y vuelven de uno a otro espejo casi exactamente en la dirección del eje del resonador.

El lector puede haber advertido ya que si hay radiación que induce la emisión de un fotón correspondiente al tránsito material $E_2 \rightarrow E_1$, esta misma radiación puede también ser absorbida para producir el tránsito inverso $E_2 \leftarrow E_1$. Para que se pueda dar la amplificación, la población del estado superior E_2 tiene que ser mayor que la del inferior E_1, lo que es lo contrario de lo que ocurre en condiciones de equilibrio térmico, de modo que esa condición se denomina, bastante significativamente, de *inversión de población*. Cuanto mayor sea esta inversión, mayor puede ser la "ganancia" del proceso de amplificación.

Es claro que esta inversión sólo se puede lograr y mantener si se suministra suficiente energía mediante un mecanismo de *bombeo* adecuado. En el caso ideal, este bombeo debería ser selectivo, para poblar el nivel (E_2) deseado y no otros, si no es así el rendimiento energético será bajo y el medio activo se calentará.

En resumen, figura 1, un láser se compone esencialmente de un medio activo, capaz de actuar como amplificador de luz cuando se bombea mediante un mecanismo apropiado, encerrado en una cavidad resonante con las menores pérdidas posibles. El resonador suele consistir en dos espejos enfrentados (generalmente curvos), uno de los cuales es ligeramente transparente para permitir el paso de un haz de salida, el haz láser.



Láser en banco óptico.

UN PAR DE EJEMPLOS

LA unidad que presentan básicamente todos los tipos de láseres, al nivel de los principios fundamentales, contrasta con la gran variedad de realizaciones prácticas posibles, relacionada con los diferentes medios utilizables que a su vez condicionan los mecanismos de bombeo necesarios. La tabla 1 indica diferentes métodos de bombeo utilizados para lograr la inversión de población en relación con los medios a que se aplican.

La figura 2 presenta esquemáticamente el montaje del primer láser de rubí. Tal como fue descrito por Maiman en 1960: "un cristal de rubí, con dimensines de 1 cm., recubierto de plata en dos caras paralelas que se irradió con una lámpara de destellos de alta potencia". El cristal, sintético, contenía como medio activo iones de cromo dispersos (como impurezas sustitucionales) en la red cristalina del corindón (óxido de aluminio). En este caso se tiene un mecanismo de bombeo óptico: los iones Cr^{+++} absorben luz (verde) y pasan a un estado excitado del que una fracción decae al estado superior de la transición láser. Esta, finalmente origina pulsos de luz coherente, de color rojo.

Aunque se siguen fabricando aún láseres de rubí para ciertas aplicaciones (especialmente holografía), el láser de estado sólido más utilizado hoy es el de Nd—YAG, que tiene como medio activo iones de neodimio dispersos en la estructura cristalina de un granate (de ytrio y aluminio), que utiliza también bombeo óptico, puede funcionar de modo continuo o pulsado y emite en el infrarrojo, a la longitud de onda de 1 micra.

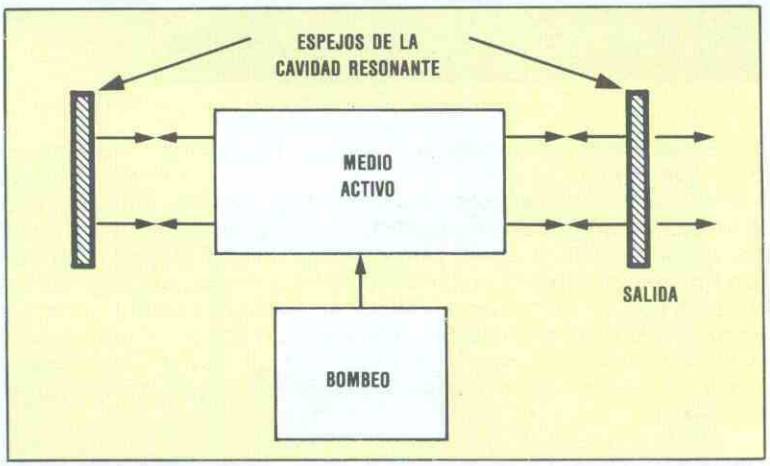


Figura 1. Componentes esenciales de un láser.

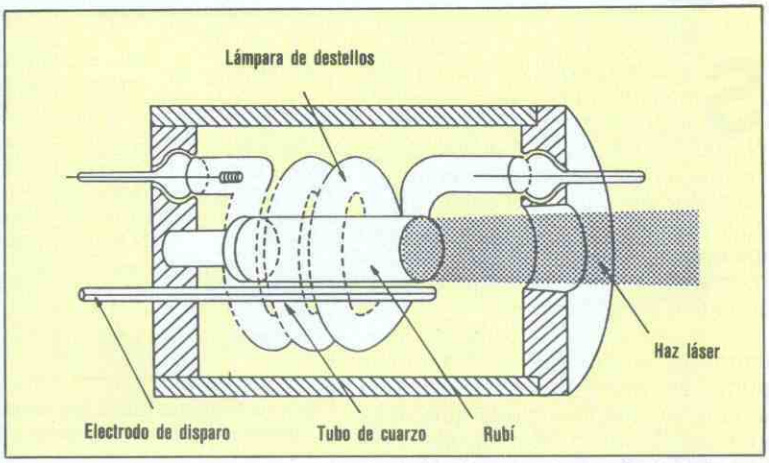


Figura 2. Disposición del primer láser de rubí, montado en julio de 1960.

Aplicación del láser en criminología mediante la identificación de huellas digitales.

El segundo láser que se construyó también en 1960 fue el de helio-neón, con un medio activo gaseoso, en el que el neón es el elemento con niveles de energía apropiados para producir la transición láser. Es bombeado generalmente por una descarga eléctrica que produce una corriente continua de electrones entre dos electrodos en el seno de la mezcla gaseosa. Este láser puede funcionar con distintas transiciones, con emisión en el infrarrojo y en el visible. El primer láser mostrado en 1960 (al que se refiere la figura 3a, con bombeo por radio frecuencias) emitía en infrarrojo; hoy es más frecuente utilizar la emisión visible, en el rojo a 632 nm, como se puede ver en sistemas de control en supermercados, o en sistemas de audio y videodiscos, impresoras láser y sistemas para alineamientos ópticos. La potencia de salida de este tipo de láseres es más bien pequeña, del orden de miliwatios. Los tubos modernos suelen ser "sellados", con los espejos del resonador soldados directamente al vidrio en los extremos del tubo de descarga (Figura 3 b).

TIPOS PRINCIPALES DE LASERES, DE INTERES COMERCIAL

SEGUN los datos publicados el pasado enero por la revista especializada "Laser Focus/World", la cifra total de ventas de láseres en el "mundo occidental" en 1988 fue de unos 633 millones de dólares, que se reparten entre distintos tipos de láseres más importantes (comercialmente) en la manera que se indica en la Tabla 2.

Como se ve en la tabla, los más importantes de todos (desde ese punto de vista) son los láseres de diodos semiconductores (que, aunque son también sólidos, es habitual considerar separadamente de los

TABLA 2

Tipos de láser	Número de unidades	Cifra de ventas	Aplicaciones principales, según su volumen económico
Estado sólido	3.600	112	Militares, I + D, Proceso de materiales
Dióxido de carboo	3.830	123	Proceso materiales, Medicina, I + D
Iónicos (Ar^+ y Kr^+)	15.785	110	Medicina, Artes Gráficas, I + D, Metrología, Exhibiciones
Diodos	18×10^6	180	Comunicaciones Opticas, I + D, Militares, Metrología
Helio-Neón	274.800	50	Artes Gráficas, Metrología, I + D, "Scanners", Militares, Medicina
Colorantes	1.205	21	I + D
Excímeros	417	24	I + D, Proceso de materiales
Helio-Cadmio	2.620	13	Artes Gráficas, I + D

Número de láseres de diferentes tipos vendidos en 1988 y valor estimado, en millones de dólares, (incluyendo componentes para reposición). (Adaptado de "Laser Focus World", enero 1989).

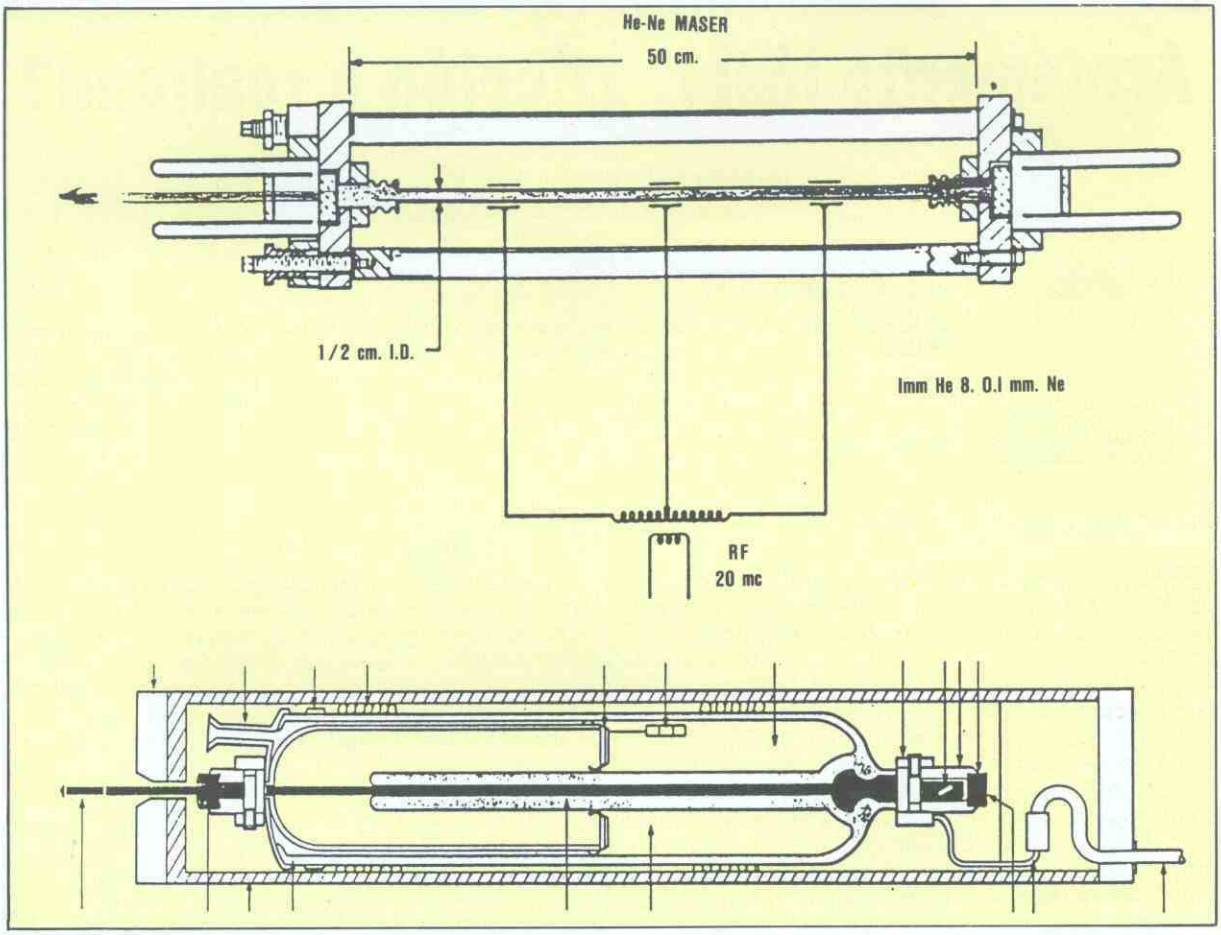
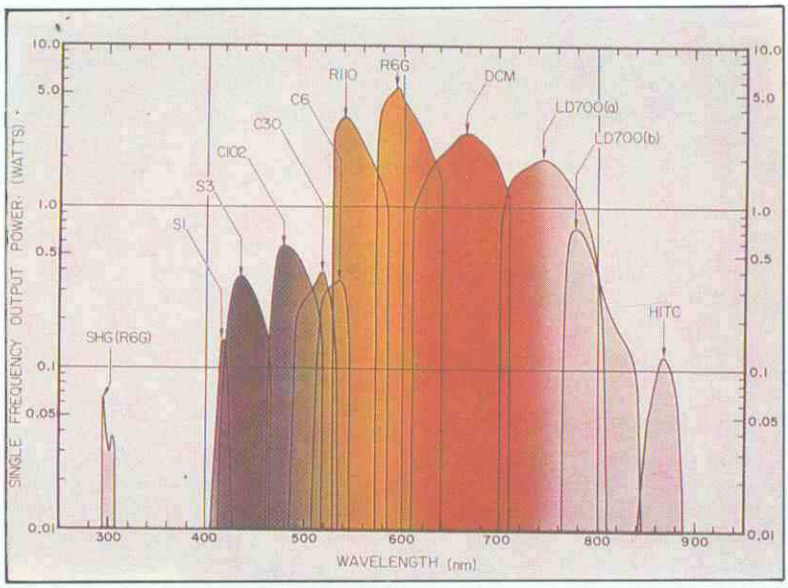


Figura 3. Esquemas de láseres de helio-neón. Arriba, el primero, montado en 1960. Abajo, un tubo comercial de 1980: las flechas señalan veinte detalles (mejoras) que, según el fabricante, garantizan la más alta calidad y fiabilidad.

denominados "de estado sólido"); representan el 28% del valor total. Son, por otra parte, los de menor tamaño, con dimensiones del orden del milímetro, los de bombeo más fácil (mediante una simple corriente eléctrica) y los de más alto rendimiento energético. Se fabrican por millones cada año y, como es fácil imaginar, son una especialidad japonesa.



Espectro de radiación de los láseres de tinte.

Les siguen en importancia los láseres de CO_2 (19%) y los de estado sólido (18%), utilizados predominantemente para aplicaciones de procesado de materiales para manufacturas metálicas. Pueden tener potencias medias de kilowatios (hay comercialmente láseres de CO_2 hasta de 25 kilowatios y de Nd-Yag hasta de 1 kW). Quizás no esté de más señalar que el láser más grande del mundo, del tamaño de un campo de fútbol, es el llamado "Nova", instalado en Lawrence Livermoore National Laboratory (USA) y es un láser de estado sólido (con oscilador de Nd-YAG y amplificadores de Nd-vidrio) utilizado para ensayos de interés militar y estudios de fusión nuclear por el método de confinamiento inercial.

Otras cifras, en porcentajes, rezan: iónicos 17%, HeNe 8%, colorantes 3%, excímeros 4% y He-Cd 2%. ■

Armamento láser, ¿ficción o realidad?

MOISES FERNANDEZ ALVARO,
Comandante Ingeniero Aeronáutico

MOISES M. FERNANDEZ ALVARO

NACIDO en Madrid en 1955, es Comandante del Cuerpo de Ingenieros Aeronáuticos del Ejército del Aire. Es Ingeniero Aeronáutico, Licenciado en Ciencias Físicas y Master en Ingeniería Física (Especialidad Optica-Láser) por el Instituto de Tecnología de la Fuerza Aérea de los EE.UU., y está destinado actualmente en la Dirección de Sistemas (Programas I + D) del Mando de Material del Ejército del Aire. Ha realizado Cursos de Ensayos, de Ensayos No Destructivos, Estadística de Empresa, Control de Calidad, Técnicas de Propulsión y Diseño de Misiles, y de Tecnología Láser en diversos Organismos de la Administración. Desde 1987 es miembro de la American Physical Society.

INTRODUCCION

EL 23 de marzo de 1983 el presidente de los EE.UU. Ronald Reagan solicitó al país y a su comunidad científica y tecnológica hacer un gran esfuerzo físico e intelectual para encontrar una alternativa a la política actual de mantener la seguridad nacional a través de la amenaza de represalias para defender un ataque de misiles balísticos. La consecuencia de aquel discurso fue la puesta en marcha de un gigantesco programa de investigación y desarrollo para asegurar la defensa contra misiles balísticos (BMD) denominado Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI). En dicho programa, ya comentado en esta Revista en 1986, las armas de energía dirigida (DEW) jugarán un papel crucial estando previsto desarrollar en la segunda fase armas láser estacionadas en tierra y en el espacio.

La potencialidad de la utilización estratégica de los láseres de alta potencia se basa en su capacidad de suministrar energía destructiva a la velocidad de la luz a un blanco lejano, y con una alta cadencia de disparo. El potencial armamentístico fue muy pronto reconocido, e incluso poco después de la demostración práctica de los primeros láseres a comienzos de los sesenta fue denominado "rayo de la muerte" y rápidamente incorporado al "arsenal" de la ciencia ficción.

Pero no hay que irse tan lejos; su utilización como armamento táctico en situaciones con línea de visión directa está ya en camino. Casos como el de la irradiación de aviones de vigilancia marítima desde barcos ocasionando ceguera temporal o permanente en la tripulación, o el de la utilización de designadores láser instalados en tanques para cegar sensores y soldados han aparecido ya durante los dos últimos años en revistas especializadas.

PRINCIPIOS DE DISEÑO

EL objetivo de un arma láser consiste en apuntar sobre un blanco el haz que transporta energía suficiente para poner fuera de funcionamiento una parte vital de un sistema, o para neutralizarle o destruirle. En el arma láser toda la energía se produce en el emisor —el láser—, se enfoca con la óptica de salida (que puede ser fija, no lineal o adaptativa), y se transporta en el haz láser a través de la atmósfera. Las principales ventajas son: la rapidez de intervención (el haz alcanza el blanco a la velocidad de la luz), la posibilidad de depositar en el blanco una elevadísima densidad de energía y una gran precisión de impacto.

Dada la gran energía que debe liberar, el láser ha de tener un rendimiento energético elevado y debe ser capaz de minimizar y compensar las interacciones del haz con el medio de propagación. Las características principales que deben elegirse en el diseño son: longitud de onda, modo de funcionamiento (continuo o pulsado), potencia o energía de salida y la óptica de enfoque.

LOS EFECTOS DEL LASER

EL haz láser puede enfocarse dentro de un ángulo muy estrecho concentrando toda su energía en una pequeña área del blanco. La densidad de energía depositada (fluencia, J/cm^2) y por tanto el daño causado depende fundamentalmente del nivel de potencia del láser, de la transparencia del medio de propagación, de la distancia al blanco y del diseño de dicho blanco.

Pueden considerarse dos tipos de efectos:

— efecto destructivo o "hard kill"
— efecto de incapacidad o "soft kill"

En el efecto "hard kill" el mecanismo de daño es el rápido incremento del calor en la superficie del blanco. La temperatura del material se eleva hasta que se equilibran la potencia absorbida y las pérdidas térmicas por conducción, convección y radiación; a partir de ese momento la energía adicional incidente produce la fusión y vaporización del material. Con la utilización de láseres pulsados se pueden producir ondas de choque adicionales que aceleran el daño estructural; una adecuada selección de la frecuencia de repetición de pulsos y de la duración de dichos pulsos acorde con el coeficiente de difusividad térmica del material maximiza el efecto destructor.

El efecto "sort kill" incluye las posibilidades anti-personal y anti-sensor. Láseres de baja potencia son capaces de causar daño permanente en sensores electro-ópticos que trabajan en el visible, infrarrojo y ultravioleta cercano; así pues equipos de visión nocturna, telémetros, cámaras de TV de baja intensidad de luz, cámaras de termografía IR para observación en ausencia total de luz, equipos de seguimiento TV/IR, equipos de vigilancia y alerta lejana en IR, y sensores pasivos para detección e identificación de blancos son susceptibles de ser interferidos e inutilizados. Igualmente estos láseres son capaces de impedir temporal o permanentemente la visión del piloto consiguiéndose el aborto de la misión e incluso la pérdida del aparato. La luz visible (0.4-0.7 μm) y del infrarrojo cercano (hasta 1.4 μm) se absorbe en la retina sin sensación de dolor, mientras que la del infrarrojo lejano (hasta 14 μm) y del ultravioleta cercano se absorben en la córnea y cristalino ocasionando gran dolor. Además, densidades de energía concentrada próximas a 1 mW/cm^2 producen efecto no-térmico en los sistemas cardio-vascular y neuronal, alcanzándose efectos térmicos severos en el tejido humano para valores superiores a 10 mW/cm^2.

INFLUENCIA DE LA ATMOSFERA

LA atmósfera tiende a atenuar, deformar y dispersar la luz; además de la turbulencia atmosférica, existencia de aerosoles, nieblas o lluvias existe otro fenómeno muy importante en la propagación de haces de alta energía que es el de una fuerte ionización térmica ("thermal blooming") de la atmósfera que atraviesa el haz láser; esta transferencia de energía produce una alteración local del equilibrio termodinámico que se traduce en una modificación local del índice de refracción e incluso en la reflexión de la energía radiada.

Estos fenómenos pueden ser compensados utilizando técnicas de óptica adaptativa; la corrección del frente de onda de la radiación láser emitida se produce realimentando la deformación de la óptica con la señal reflejada por el blanco.

TIPOS DE EMISORES LASER

LOS láseres susceptibles de ser empleados en armamento táctico pueden clasificarse en cinco tipos:

1. Láseres de gas con bombeo eléctrico

La transferencia de energía al nivel energético superior se produce por medio de colisiones electrónicas; con una elección adecuada de los parámetros de bombeo pueden excitarse estados electrónicos, vibracionales o rotacionales, obteniéndose láseres capaces de operar desde el ultravioleta hasta el infrarrojo lejano. Dicha excitación se obtiene con una descarga eléctrica o un haz de electrones.

A esta clase pertenecen entre otros los bien conocidos láseres de CO_2 (10.6 μm) y CO (5.31 μm) considerados como buenos candidatos a corto plazo para utilización en armas de alta energía aprovechando la alta transparencia atmosférica en dichas longitudes de onda; se han conseguido láseres en ciclo cerrado de CO_2 con potencias de pico de

Secuencia de un derribo de un misil supersónico en vuelo con un láser químico de infrarrojos IR del Programa MIRACL.

hasta 1 MW aptos para utilización militar y capaces de sintonizarse en un cierto intervalo alrededor de la frecuencia nominal dependiendo de la presión de funcionamiento del sistema. La fabricación de este tipo de láseres de baja energía cada vez más compactos y fiables promete asimismo amplia utilización militar en designadores, localizadores y radar láser (LIDAR).

2. Láseres de gas dinámico (GDL)

Tienen la ventaja de que la fuente de energía está almacenada como energía química en los reactantes usados en el proceso de combustión; a la alta presión creada en dicha combustión le sigue una expansión supersónica, originándose en este proceso la excitación del medio láser gaseoso (CO_2, CO o N_2O).

Con este láser se pueden conseguir valores altos de potencia continua. Ello ha propiciado su utilización en el experimento ALE (Airborne Laser Experiment) que utiliza un láser de 400 kW de salida a bordo de un avión Boeing NKC-135.

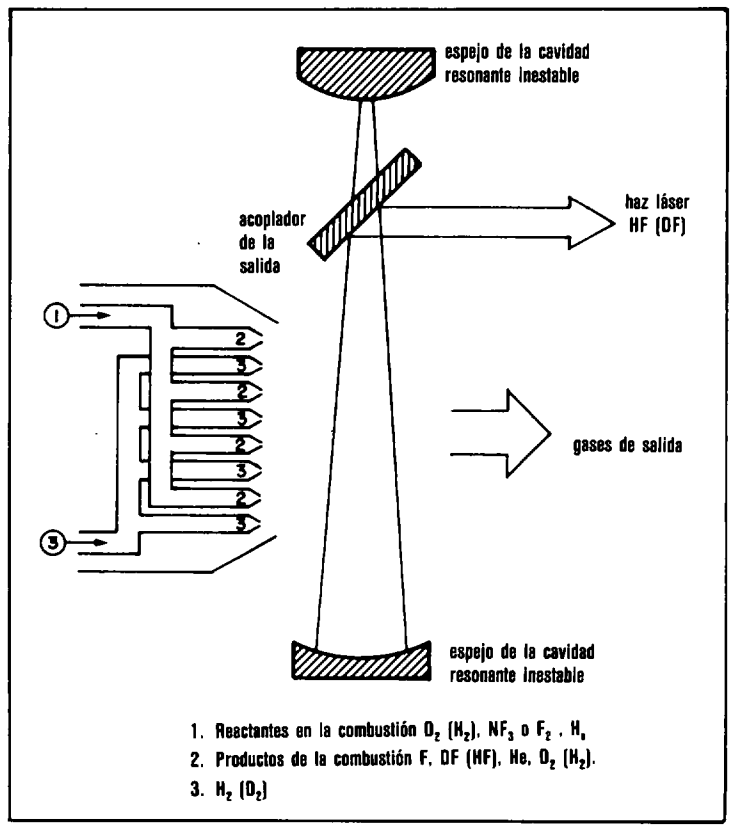
3. Láseres químicos

La excitación del medio activo se produce por una reacción química exotérmica iniciada por una descarga eléctrica, una fotólisis o un bombardeo con haz de electrones.

Los dispositivos de este tipo mejor desarrollados hasta el presente son los láseres de onda continua de fluoruro de deuterio, DF (desde 3.6 μm a 4.0 μm) y de fluoruro de hidrógeno, HF (desde 2.5 μm a 2.8 μm). Descubiertos en 1965 la acción láser se produce mediante una reacción en cadena entre H_2 y F_2 iniciada con una descarga eléctrica en una mezcla de H_2 y varios freones (hidrocarburos fluorados).

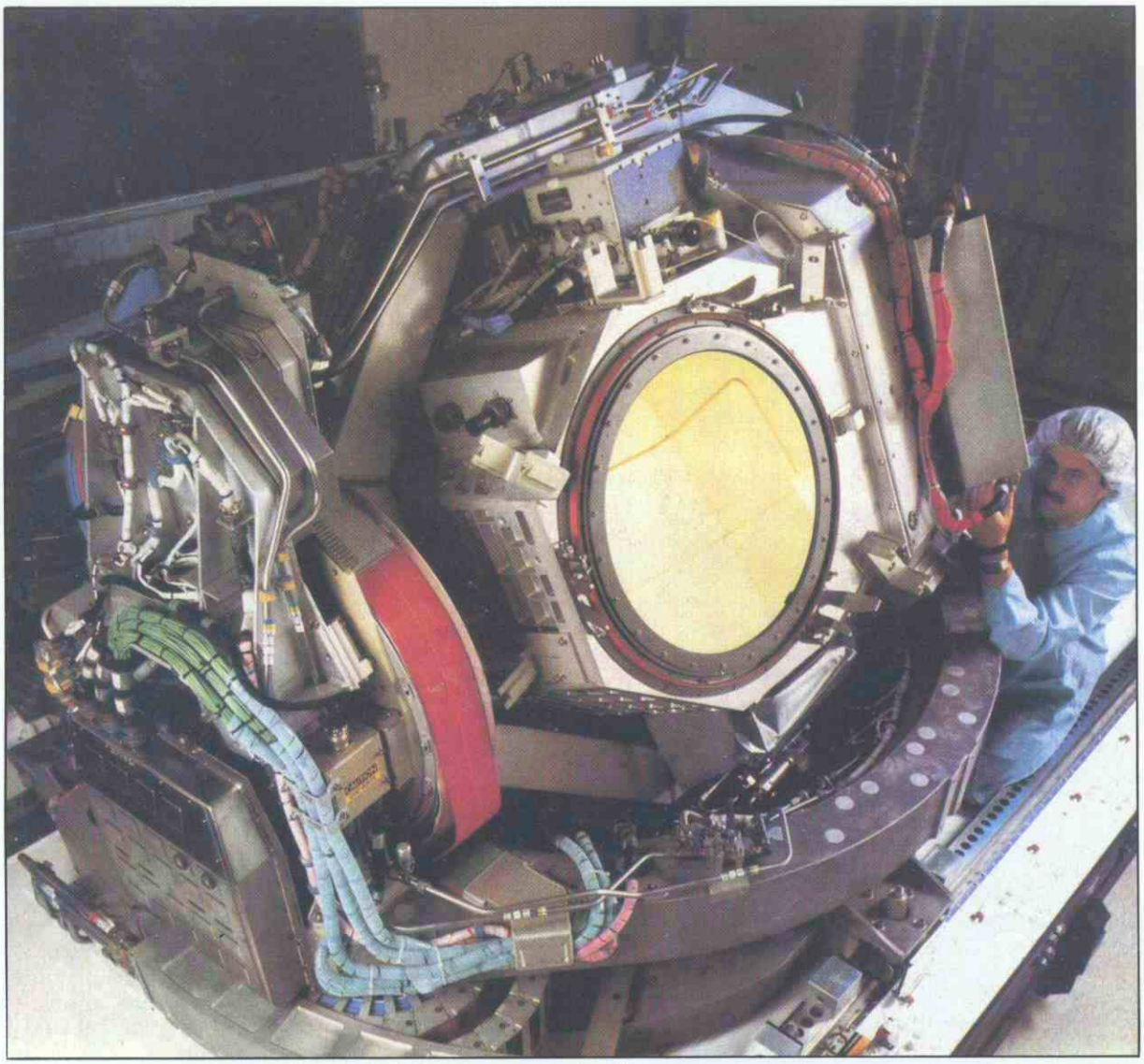
Gran parte de la experiencia ingenieril orientada a situar un láser en el espacio (el proyecto americano ALPHA) se ha obtenido con el proyecto de la Marina de los EE.UU. denominado MIRACL (mid-infrared advanced chemical laser), que utiliza un láser de DF de onda continua con potencia superior a 1 MW cuya configuración se presenta en el esquema. En febrero pasado la prensa ha informado que se había realizado con éxito una prueba del MIRACL situado en tierra, derribándose en vuelo un misil supersónico aire-tierra; ello confirma las espectativas de utilización táctita del MIRACL en la defensa aérea contra aviones y misiles de motor atmosférico. Con similares objetivos se encuentra en desarrollo en EE.UU. el proyecto EMRLD (excimer mid-range raman-shifted laser) que utiliza un láser de excímeros de XeF —del tipo de láseres de gas con bombeo eléctrico por haz de electrones— funcionando en el ultravioleta cercano (0.351 μm) desplazado al azul (0.41 μm) para obtener una óptima propagación atmosférica, en régimen pulsado (100 Hz) con potencias de hasta 30 Kw.

Otro tipo en el que actualmente se concentran grandes esfuerzos por la posibilidad de acoplar coherentemente varias unidades hasta obtener altas energías (se piensa en 100 MW con módulos de 25 kW cada uno) es el COIL (chemical oxygen-iodine laser) cuya primera demostración operativa fue en 1978. El sistema de funcionamiento está basado en la transferencia de energía cinética de átomos de oxígeno excitado —producidos químicamente— a atómos de yodo. Actualmente es el láser químico de alta energía cuya longitud de onda de funcionamiento es la más corta (1.315 μm), lo cual disminuye la limitación por difracción del tamaño mínimo de mancha comparándolo con otros láseres de alta energía que trabajan en longitudes de onda superiores, 2.5, 3.6 o 10.6 μm. Puede funcionar en modo continuo y pulsado, siendo este último el óptimo para acoplamiento múltiple. La radiación de salida puede desplazarse al visible doblando o triplicando la frecuencia utilizándose cristales no lineales o cavidades resonantes con átomos metálicos en estado de vapor.



4. Láseres bombeados ópticamente

Esta clase es la más variada y versátil; el bombeo puede realizarse con lámparas flash, con diodos láser o con la sa-



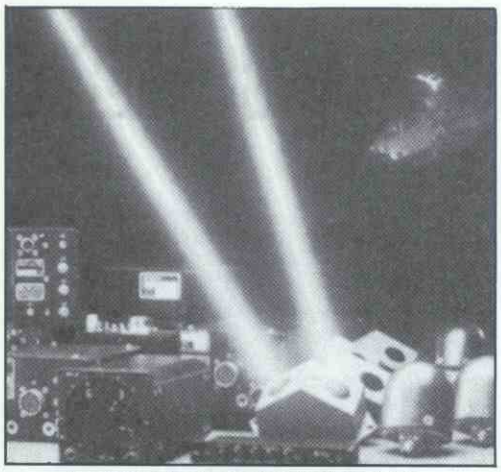
Ventana de ZnSe para un sensor de infrarrojos para misiles lejanos.

lida en el visible de otros láseres. Incluso se ha llegado a experimentar con éxito utilizando luz solar concentrada.

La excitación del medio activo se produce con la absorción selectiva —en una o varias longitudes de onda— de los fotones de bombeo, y la acción láser al emitirse en otra u otras longitudes de onda. El medio activo puede ser líquido —láseres de tinte— o sólidos, siendo transparentes a la longitud de onda de emisión láser y fuertemente absorbentes a la longitud de onda de bombeo. Su funcionamiento puede ser tanto en modo continuo como pulsado. A este tipo pertenece el láser más común: el láser de estado sólido en el que un material cristalino se dopa selectivamente con impurezas que constituyen el material activo en la acción láser; los iones activos (Cr^{3+}, Nd^{3+}) se incrustan en la red cristalina de aluminatos tales como el corindón (Al_2O_3), el YAG (yttrium aluminium garnet), la alejandrita, etc., originándose los bien conocidos láseres de rubí —el primer láser operativo en 1960 por T. Maiman— y el de Nd:YAG. La gran ventaja de estos láseres es la alta potencia de salida que son capaces de producir en relación al tamaño, complejidad de diseño y fiabilidad comparados con otros tipos de alta energía.

Los láseres de tinte utilizan un tinte orgánico como medio activo siendo en la mayoría de los casos bombeados por otro láser. Su peculiaridad específica estriba en que se pueden sintonizar en un ancho de banda relativamente amplio, lo cual unido a una óptica seleccionable permitiría una agilidad de frecuencia muy deseable en ambiente de contramedidas ópticas; en este sentido ofrece gran porvenir el láser de estado sólido de Ti:Zafiro recientemente salido al mercado sintonizable entre 0.7 y 1.0 μm.

En la mayoría de las aplicaciones militares uno de los requisitos críticos es la reducción del tamaño y peso del láser, e incrementar su fiabilidad. Por ello los láseres de estado sólido son los más utilizados en designadores, localizadores, equipos FLIR (forward looking infrared), telémetros, etc.



Fotografía de un sistema de alerta láser para helicópteros.

Un radar láser (LIDAR).

Una potencial aplicación en armamento táctico implica disponer de una energía de salida superior a un Julio, por ello se trabaja actualmente en:

- Tecnologías que permitan incrementar la densidad de empaquetado de diodos láser con objeto de aumentar la energía de bombeo.
- Tecnologías de fabricación de grandes mono-cristales con mínimas imperfecciones en su red cristalina.
- Tecnologías de recubrimientos dieléctricos multicapa de los elementos ópticos del sistema (espejos, cristales no lineales de conversión de frecuencia, cristales de modulación para Q-switching, etc.).

Igualmente se está investigando en la consecución de anchos de pulso mayores (en el rango de milisegundos o decenas de microsegundo) ya que se consideran más eficientes para aplicación como arma que los actuales con una anchura típica del orden del nanosegundo.

5. Láseres de semiconductor

Los diodos láser de semiconductor son una de las tecnologías emergentes con gran potencial para revolucionar todas las aplicaciones militares del láser. Su desarrollo es análogo al de los transistores, y su evolución hacia los circuitos integrados con los consiguientes beneficios en costo, tamaño, peso, manejabilidad y fiabilidad del equipo justifica las grandes cantidades invertidas en investigación desde su invención en 1962. La posibilidad de acoplar la salida de sucesivos módulos proporciona una enorme versatilidad para aplicaciones que requieran desde fracciones de vatio a miles de vatios. A esta clase pertenecen los láseres de inyección de GaAlAs y GaInP, y los de bombeo por haz de electrones (que utilizan CdS y ZnS), en los que se investiga para obtener potencia continua de salida superior a 1 vatio con eficiencias superiores al 40%.

6. Otros candidatos

El láser de electrones libres (FEL) utiliza las oscilaciones coherentes de un haz relativista de electrones —con velocidades cercanas a la de la luz— para generar radiación óptica coherente. Con una adecuada selección de parámetros de diseño este tipo de láser puede sintonizarse en una amplia banda del espectro electromagnético que va desde las microondas al ultravioleta. Además, los primeros desarrollos prometen altas eficiencias con muy altas potencias de salida. Sus aplicaciones militares se centran en proyectos de armas de energía dirigida situadas tanto en tierra como en el espacio. No obstante, dado el tamaño proyectado para este láser, se considera más adecuado para misiones estratégicas que para utilización táctica.

CONCLUSION

COMO fácilmente puede deducirse la plena incorporación operativa del láser de alta energía al arsenal táctico revolucionaría el armamento utilizable, las medidas defensivas, las técnicas de operación, etc., es decir, el propio campo de batalla. La balanza claramente se inclinaría hacia el lado del nivel tecnológico superior.

La sucesiva enumeración de tecnologías afines y de desarrollos básicos de la física que coadyuvan al logro de este tipo de armamento demuestra la necesidad para un país de invertir también en investigación básica (no sólo aplicada), cuyos beneficios redundan tanto en aplicaciones civiles como militares.

Finalmente, el estado actual de muchos de los desarrollos enumerados permite asegurar que el armamento láser de utilización táctica será ampliamente incorporado al arsenal convencional en un futuro muy próximo. ■

Aplicaciones industriales de los láseres de alta potencia

JOSE MANUEL ORZA SEGADE,
Profesor de Investigación del CSIC.
Instituto de Estructura de la Materia

INTRODUCCION

A lo largo de los casi 30 años de existencia de los láseres, sus propiedades peculiares de coherencia espacial y temporal han sido aprovechadas en muchos tipos de aplicaciones. Cada vez más, vienen también aplicándose como herramientas de producción, o como elementos de análisis y control de calidad, en una gran variedad de actividades industriales desde la de grabado y transmisión de informaciones, hasta las de empresas de producción de bienes de equipo.

Desde el punto de vista de su aplicación para procesado de materiales los láseres ofrecen las siguientes ventajas importantes:

• La densidad de energía que se puede dirigir a una región localizada de un material es considerablemente mayor de la que se puede lograr por cualquier otra tecnología. La posibilidad de alcanzar muy altas temperaturas en tiempos muy breves permite el procesado con láseres de cualquier tipo de materiales, a través de nuevos procedimientos de mecanizado.

• Un haz láser, en la práctica, no tiene inercia y es posible enfocarlo con precisión óptica. Consecuentemente, los láseres son el medio ideal para su adaptación a técnicas de control automático, a la robótica y a aplicaciones de procesado rápido de formas complejas y están desempeñando un papel de creciente importancia en el desarrollo de nuevas plantas de manufactura flexible.

Atendiendo a la cantidad de energía requerida para el proceso se pueden considerar dos categorías principales de aplicaciones:

• Las que requieren aportes de energía relativamente pequeños, generalmente bajo controles muy estrictos y precisos: micromecanizado e ingeniería de semiconductores, impresión y lectura ópticas y análogas.

• Las que transcurren con aportes energéticos sustanciales para la realización de procesos macroscópicos como corte, soldadura, temple, recocidos, recubrimientos y otros.

Son estas últimas, análogas a otras operaciones convencionales en las industrias mecánicas, las que vamos a considerar especialmente en el presente artículo. Las ventajas principales que presenta la utilización de láseres respecto de los métodos tradicionales, que se presentan en forma de "reclamo" en la figura 1, se derivan de un menor aporte de calor, para resultados iguales, con la consiguiente ausencia práctica de distorsiones en las piezas, del más fácil acceso a localizaciones o posiciones difíciles y de una mayor velocidad de tratamiento que puede además permitir a una única fuente láser servir varias estaciones de trabajo, con versatilidad de aplicaciones en tecnologías diversificadas y reducción al mínimo de los tiempos muertos.

FIGURA 1
VENTAJAS DEL LASER COMO HERRAMIENTA DE PRODUCCION

Flexibilidad
— variedad de procesos
— geometría arbitraria
— facilidad de automatización
— facilidad de integración y de combinación

Rapidez de proceso y acabado de calidad
— alta precisión (exactitud)
— sin esfuerzos y al instante
— sin necesidad de retoques

Concentración de potencia en el punto preciso
— alta intensidad
— utilización dirigida
— sin acciones colaterales

LA INTERACCION HAZ LASER-MATERIALES

AL someter un material a la acción de un haz láser pueden ocurrir varios procesos.

En primer lugar, hay una parte de la energía del haz que es reflejada y no interviene más en el proceso de interacción. Es bien conocido que la mayor parte de los metales reflejan la mayor parte de la luz que incide sobre ellos. Aparte de la pérdida energética que supone, su consideración es importante también por razones de seguridad. La reflectividad depende del tipo de material, de la longitud de onda a la radiación, de la temperatura y del estado (propiedades físicas y químicas) de la superficie.

La energía absorbida por el material se transforma, casi instantáneamente, en calor; en el punto de interacción aumenta la temperatura muy rápidamente al tiempo que parte del calor generado se propaga en la pieza por conductividad térmica. La distribución precisa de temperaturas espacial y temporal, determina los fenómenos que van a ocurrir en la estructura de material al mantener la irradiación láser y, con ello también, la fracción de luz incidente absorbida por el material, fracción que suele llamarse "coeficiente de acoplamiento". La figura 2 representa esquemáticamente el tipo de variación de este coeficiente en función de la temperatura superficial para el caso de un metal (muy simplificado!). Inicialmente, a medida que el metal se caliente disminuye su reflectividad; tras alcanzar el punto de fusión esta disminución es mucho mayor (la reflexión deja de ser especular); fácilmente se forma una cavidad en el líquido, en el punto en que incide el láser, a causa de la creciente vaporización del metal fundido; la nube de metal vaporizado absorbe y re-irradia la radiación, aumentando más aún el acoplamiento; se calienta más cada vez y se ioniza (es de hecho un plasma) y en su evolución acaba desplazándose y dando lugar a irregularidades en el proceso.

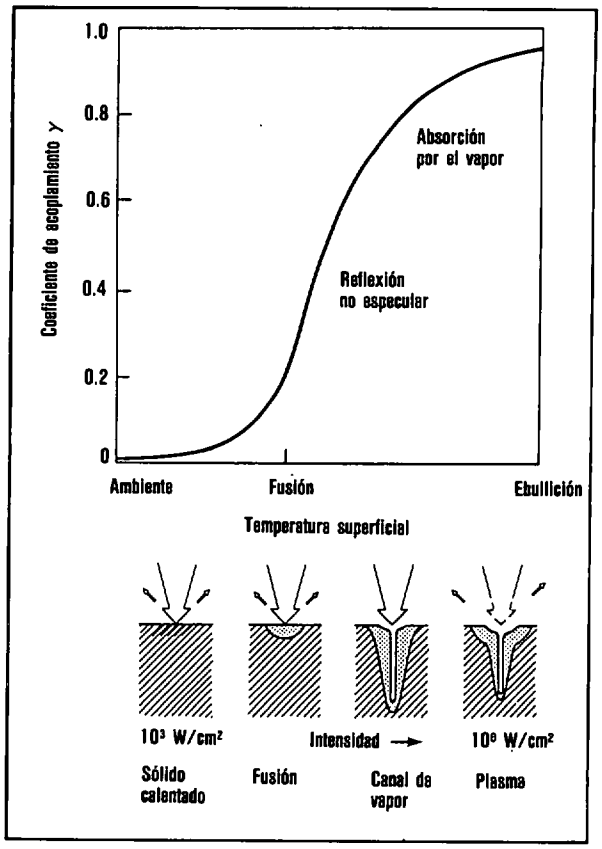


Figura 2. Secuencia de procesos que ocurren en la interacción de un haz láser de alta potencia con un material metálico.

Los diferentes fenómenos que pueden ocurrir al irradiar al material dependen de las propiedades termomecánicas de éste y de la densidad de energía absorbida pero dependen también, sobre todo, de la duración de la irradiación. Para una densidad de energía dada es la velocidad o rapidez con que se suministra esta energía lo que determina la naturaleza del proceso. Atendiendo a estos parámetros pueden situarse convenientemente los distintos tipos de transformaciones o procesos posibles y delimitar los dominios correspondientes a diferentes tipos de aplicaciones, en la manera que se ilustra en el diagrama de la figura 3.

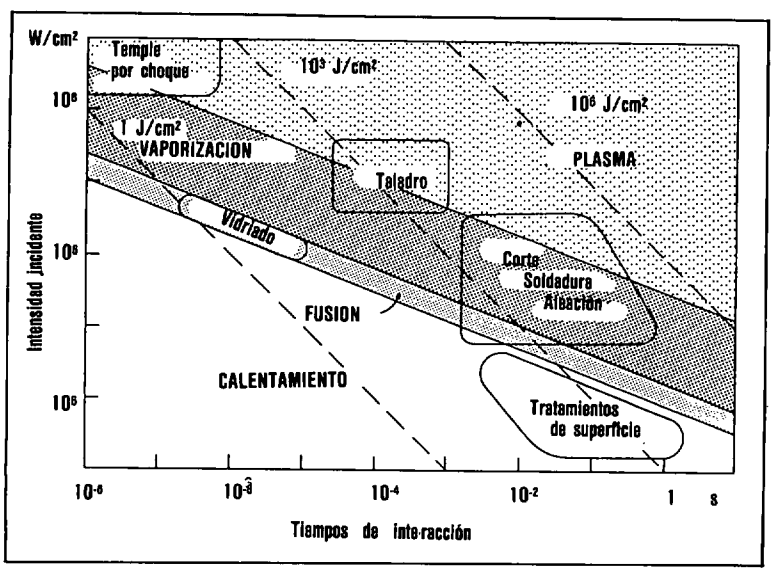


Figura 3. Diagrama ilustrativo de las condiciones necesarias para diferentes tipos de procesado.

Una densidad de energía absorbida de 1000 J/cm² que corresponda a una intensidad incidente de 10^5 W/cm² actuando durante 1 centésima de segundo puede ser indicada para un proceso de temple superficial (sin siquiera fundir el material). La misma densidad de energía, suministrada en unos cientos de microsegundos, (10^7 W/cm²) funde y quizás incluso vaporiza el material produciendo un orificio: taladro.

En gran parte, el proceso de materiales con láseres consiste en establecer sobre la pieza las condiciones térmicas apropiadas mediante el control preciso de la densidad de potencia y el tiempo de interacción.

La figura 4 muestra la disposición práctica para el "acondicionamiento" del haz láser a algunas de estas condiciones, mediante un sistema de enfoque adecuado, con lentes o espejos, que proporcionan en la superficie de la pieza la densidad de flujo de energía apropiada para el proceso de interés. La disponibilidad de un gas de trabajo que puede ser reactivo o de protección, que se puede soplar sobre la zona de trabajo con presión controlada, da posibilidades adicionales de lograr diferentes procesos. Para el corte, por ejemplo, se puede soplar aire u oxígeno que pueden producir aportes energéticos adicionales por la oxidación del metal fundido para arrastrarlo fuera del surco de corte. En el caso de la soldadura interesa, al contrario, evitar la oxidación y hacer que la zona fundida se altere lo menos posible, por lo que conviene utilizar un gas de protección a presión reducida.

El tiempo de interacción se fija mediante la rapidez del movimiento de desplazamiento relativo del haz láser, o de su región focal, y la pieza de trabajo, o posiblemente también pulsando la radiación o utilizando cadencias de modulación o de intensidades apropiadas.

VEINTE AÑOS DE PROCESADO DE MATERIALES CON LASERES

EL procesado de materiales con láseres, como realización industrial, se desarrolló inicialmente en los Estados Unidos a partir de la segunda mitad de la década de los años setenta. La correspondiente evolución en Europa y en Japón fue un tanto a remolque de la de los Estados Unidos. Como es bien sabido, esta nueva tecnología industrial se produce, en gran parte, como retorno de inversiones considerables de los departamentos de Defensa y de Energía de los Estados Unidos a través de contratos y subcontratos con empresas industriales y de la rápida transferencia de tecnología entre los sectores público y privado, característica de ese país.

La primera etapa de crecimiento (lento) corresponde a la utilización de láseres de estado sólido (rubí y Nd-Yag) en aplicaciones para la industria electrónica. En estas primeras aplicaciones era, generalmente, el usuario final el que desarrollaba el sistema (integrando el láser en el proceso). Al crecer el número de aplicaciones semejantes apareció un mercado para sistemas dedicados, de tipo estandard, como por ejemplo rayado de cerámicas, ajuste de resistencias o soldaduras de cajas de relés. Sistemas de este tipo continúan ofreciéndose hoy por varios fabricantes.

Durante los años 70 se produce un crecimiento más sustancial. Poco a poco los láseres de CO_2, comienzan a encontrar aplicaciones específicas, con exigencias energéticas mayores que las suministrables por los de estado sólido; hacia el final de esta década el número de láseres de CO_2 empleados en la industria suponía, aproximadamente, el 40% del total.

La tasa de crecimiento de ambos tipos de láseres se mantuvo en cifras superiores al 20% anual hasta 1986 en que comienzan a observarse síntomas de estancamiento en las cifras de ventas globales. A lo largo de ese año de número de unidades de láseres de CO_2 utilizadas superó ya a los de estado sólido.

La indicación de uno u otro de estos tipos de láseres en procesos industriales viene determinada por las diferentes características de los haces láser emitidos por ellos.

Los láseres de Nd-Yag emiten a la longitud de onda de 1.064 micras, en el infrarrojo próximo, generalmente en forma pulsada. Su potencia media puede alcanzar hasta unos 600 watios en los modelos comerciales usuales. Son especialmente indicados para marcado, micro-taladros y soldadura por puntos. Los de CO_2, de mayor rendimiento energético, se utilizan casi siempre en onda continua. Su longitud de onda es diez veces mayor, 10,6 micras, en el infrarrojo medio; se presentan comercialmente con potencias que van de unos cientos de watios a unos 35 kilovatios y, se usan predominantemente para corte, soldadura y tratamientos térmicos.

La posibilidad de transporte del haz del láser de Nd mediante fibras ópticas, hace que estos láseres aparezcan particularmente apropiados para utilización en sistemas flexibles de trabajo, así como en usos en ambientes hostiles, por ejemplo radioactivos.

Recientemente, está también encontrando indicaciones industriales específicas otro tipo de láseres con emisión en el ultravioleta, los láseres

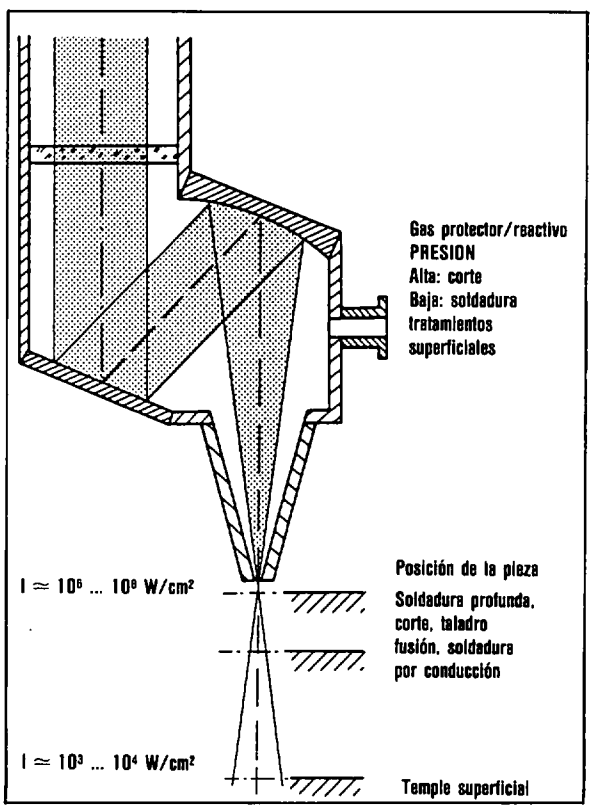


Figura 4. Se pueden realizar diferentes procesos con un mismo láser variando el grado de enfoque del haz, el gas de asistencia y su flujo y el movimiento relativo de la pieza y el haz láser.

de excímeros, que pueden funcionar, a diferencia de los anteriores, mediante un mecanismo de fotodescomposición ablativa, no térmico. Pueden ser especialmente importantes para el procesado (perfilado) de materiales plásticos, con precisión submicrométrica y sin señal alguna de zona afectada térmicamente.

De acuerdo con los datos más recientes (Industrial Laser Review, Enero 1989), la base total de láseres industriales instalados en el mundo occidental es de unas 17.000 unidades, de las cuales el 52% son láseres de CO_2, el 47% de estado sólido y menos del 1% de excímeros.

La Tabla 1 resume las cifras de ventas en 1988 y la tasa de crecimiento estimada para 1989. De las cantidades globales citadas en la tabla, el 37% corresponde al Japón, el 34% a Norteamérica y el 29% a Europa.

Tabla 1: Mercado internacional de láseres industriales (1988)

Tipo de láser	Número de unidades	Valor millones $ USA	Crecimiento anual
Dióxido de carbono	1850	92,5	13,2
Estado sólido	1200	49,0	7.3
Excímeros	55	2.6	3.5
Total comercial	3105	144,1	—

EL LASER COMO HERRAMIENTA INDUSTRIAL

La tendencia a construir sistemas estandarizados se ha extendido durante los últimos años a los láseres de CO_2 de diversas potencias. Hay actualmente, más de 25 versiones comerciales de sistemas para corte de chapa metálica con láseres de CO_2, en la gama de 1000 a 1500 watios, en onda continua, con sistemas de dos ejes con CNC par manejo del haz o de la chapa (con láseres de 1.500 W se pueden cortar chapas de hasta 12 mm. de espesor; sistemas de óptica flotante permiten fácilmente dimensiones de 3 x 4 m). También está en auge la producción de sistemas para soldadura con láseres de CO_2 con potencias de 1 a 5 Kw, con aplicación principalmente para componentes de automóviles y para conducciones y tuberías en acero inoxidable.

Aplicaciones como las de corte de chapa son hoy ya operaciones de rutina, para las que se pueden adquirir máquinas dedicadas, "llave en mano", fiables, seguras y rentables cuando se utilizan adecuadamente y es éste un mercado en el que se pueden encontrar firmas japonesas y europeas (alemanas, principalmente) precediendo a las americanas, que introdujeron este tipo de sistemas. Se estima que, aproximadamente, el 60% de las aplicaciones de procesado de materiales con láseres, de significación industrial, se realiza con sistemas estandard, el resto corresponde en su mayor parte a sistemas láser, directamente integrados en el sistema de producción o bien a sistemas únicos, par nuevas aplicaciones, construidos bajo especificaciones precisas para cada tipo de aplicación. Las industrias aeronáuticas, de automóviles y de maquinaria pesada, son las principales usuarias de este tipo de sistemas.

Como herramienta industrial, un láser es sólo una parte de un sistema. En cualquier instalación para procesado láser se pueden distinguir cuatro subsistemas: el circuito óptico —comprendiendo el haz láser y el puesto de trabajo), el circuito eléctrico, el de refrigeración y los componentes secundarios (gases de asistencia, controles varios, etc.). Es de la mayor importancia disponer de un equipo óptico suficientemente preciso par dirigir o enfocar el haz láser exactamente en el lugar necesario de la pieza de trabajo; el equipo, además, debe poderse manejar flexiblemente. Esto supone la introducción de algún tipo de "robot" para integrar el haz láser y su posicionamiento mediante un sistema de control electrónico. Se precisan, además, diversos componentes periféricos según los distintos tipos de tratamientos o procesos a realizar.

La definición usual de un "Centro de mecanizado" es: máquina herramienta multifuncional que opera bajo control automático y tiene capacidad de cambio de "útiles". La combinación de un (mini-)ordenador y un sistema láser programable es claramente multifuncional, ya que puede realizar cualquier combinación de operaciones de corte, taladro, soldadura tratamiento térmico, rayado o grabado, y todas esas operaciones se pueden realizar automáticamente, controladas por el ordenador. El cambio de útil se logra mediante un simple cambio de las características del haz láser.

Las aplicaciones de los láseres a la manufactura industrial han dado lugar a la aparición de un nuevo tipo de taller paraindustial: el taller láser. En el taller láser típico, frecuentemente fundado por un empresario que es él mismo experto en técnicas láser o que está asociado con tecnólogos de universidades o de empresas de producción de sistemas láser, se ofrecen servicios de ensayos de fabricación, estudios de factibilidad, experimentación y desarrollo de procesos, producción de prototipos, e incluso de pequeñas series en régimen de subcontratación, así como de asesoramiento y de formación de personal técnico especializado.

Se viene además manifestando durante los últimos años una tendencia creciente en muchas de las industrias de manufacturas (especialmente de automóviles, aeroespacial y electrónicas) a subcontratar una parte importante de componentes y de servicios. Frecuentemente se recurre, entre otros, a talleres láser par realizar encargos "justo al momento" que permiten disminuir drásticamente gastos de almacenamiento. Varias de estas industrias poseen y utilizan instalaciones láser pero recurren al taller para resolver problemas ligados con una demanda variable (en dientes de sierra) o bien para el desarrollo de nuevos proyectos.

CELULAS DE FABRICACION FLEXIBLE CON LASERES

LA tendencia predominante en los Centros Láser de mayor entidad es la de estructurarse en la forma de instalaciones multiláser-multipuesto, con un número de estaciones de trabajo especializadas a las que se pueden dirigir, alternativa o combinadamente, los haces láser de varias fuentes que pueda tener incluso distintas características (continuas o pulsadas, potencias diferentes, etc.). Todo ello combinado con sistemas (frecuentemente automatizados) de alimentación y manejo de piezas y enlazado con sistemas de diseño y fabricación asistida por ordenador (CAD, CAM), bajo control de robots, físicamente reconocibles.

La extrapolación al futuro, de lo que se pueden encontrar ya actualmente algunas ilustraciones iniciales, es la de sistemas de manufactura flexible. Se trata con ellos de dar una respuesta rápida a demandas de fabricación en lotes, con alto grado de variabilidad y exigencias estrictas de calidad. Con su introducción se logrará aumentar la productividad y disminuir los costes; se podrán fabricar piezas únicas o lotes de manera aleatoria; se disminuirán los tiempos de proceso y el volumen de piezas almacenadas y todo ello con capacidad total de inspección.

Un sistema de fabricación flexible verdadero es realmente complejo y muy caro; es pues usual comenzar la transformación de una factoría introduciendo células de manufactura flexible que pueden ser posteriormente entrelazadas para construir un sistema más complejo.

Existen ya actualmente células y sistemas de fabricación flexible que utilizan láseres de CO_2 y de Nd-Yag en procesos de producción. La aplicación más común es la de corte con láser, que suele asociarse con punzonadoras con CNC. Comienzan también a utilizarse sistemas para soldadura láser, que ofrecen perspectivas de gran interés principalmente por la velocidad del proceso y la pequeña distorsión térmica que introducen. Al acortarse el tiempo de proceso aumentan las exigencias de la automación para manejo de materiales; si éste se hace con grado suficiente de flexibilidad es posible soldar en una célula dada una amplia variedad de componentes.

El primer gran sistema experimental de fabricación flexible con láseres ha sido el montado en Japón (con financiación del MITI por una cuantía de unos 55 millones de dólares en 7 años, de 1977 a 1984) con la colaboración de veinte empresas industriales bajo el liderazgo de Mitsubishi, Toshiba y Nippon Electric. Se trató con él de estudiar nuevos procedimientos de fabricación para una diversidad de productos, a través de la integración de métodos convencionales y láser para mecanizado, soldadura y tratamientos térmicos. Equipado con dos láseres para procesado de materiales (uno de ellos de hasta 25 Kw), se desarrollaron para él diversos sistemas de control de herramientas y sistemas robóticos para inspección automática y ensamblaje. El coste total estimado de este proyecto es de 5.7 miles de millones de dólares USA.

Láser aplicado a la soldadura.

ACTIVIDADES DE I + D; PROYECTOS EUROPEOS Y ESPAÑOLES

EL proyecto japonés que acabamos de citar es un buen ejemplo de política nacional de promoción de la investigación en el campo de los láseres. Otras medidas de promoción comprenden desde la concesión de préstamos a bajo interés para desarrollo industrial hasta la implantación de centros nacionales de investigación con financiación estatal. Es una característica típica del Japón la rápida y eficaz conversión de la investigación básica en procesos y productos explotables industrial y económicamente. Empresas japonesas ofertan hoy el más amplio rango de componentes y sistemas láser, para potencias de salida de hasta 25 kw en onda continua, para todo el espectro de operaciones de procesado de materiales con láseres.

Hemos citado también previamente el papel que desempeñan en los Estados Unidos los Departamentos de Defensa y de Energía, en la promoción de la investigación avanzada en láseres y en sus aplicaciones. Grandes compañías USA pueden ofrecer a corto plazo versiones con fondos públicos por alguna de sus subsidiarias (o divisiones) especializadas en aplicaciones de defensa.

Más recientemente se ha decidido también en Europa acometer con subvenciones públicas programas de desarrollo tecnológico con fines civiles.

Desde 1985 la Comunidad Económica Europea viene incluyendo en sus proyectos de desarrollo tecnológico, la investigación sobre láseres y sus aplicaciones. La tabla 2 presenta una relación de proyectos relativos a tecnologías láser subvencionados al 50% con fondos póblicos comunitarios a través del programa BRITE de la Dirección General de Ciencia, Investigación y Desarrollo de la Comisión de las Comunidades Europeas.

TABLA 2
AREA 2: TECNOLOGIAS LASER
2.1. I + D en fuentes láser para aplicaciones industriales
P-1354: Láser de CO_2 de alta potencia, 15-20 kW, para aplicaciones industriales. P-2112: Láser de potencia de estado sólido con haz de alta calidad basado en hexa-aluminato de lantano (LNA) codopad.
2.2. I + D en sistemas y equipos para suministro de haz
P-1206: Control adaptativo de procesado con láseres. P-1339: Soldadura de chapa metálica con láseres. P-1550: Soldadura con un sistema láser con retroalimentación controlada.
2.3. I + D para aplicaciones en manufactura industrial
P-1346: Tratamiento superficial con láseres de CO_2 de cerámicas netas y recubrimientos cerámicos. P-2178: Tratamientos láser como herramienta para adaptar la composición superficial de componentes de aleacines para aplicaciones de ingeniería. P-2186: Reconocimiento y procesado con láser de materiales industriales indígenas. P-2348: Soldadura láser en grandes espesores. P-2357: Tratamiento superficial con láseres de componentes mecánicos para mejorar sus propiedades mecánicas y físicas. P-2449: Espectrometría de masas, con láseres, para microanálisis industrial en línea.

En el proyecto P-2186, de reconocimiento y procesado con láseres de materiales industriales indígenas (corcho, cuero, madera, mármol) participan la Asociación de la Industria Navarra y el Centro Láser de Navarra, con socios portugueses. El presupuesto total del proyecto es próximo a los 2 millones de ECU's; la subvención de la CEE a los participantes españoles es de 235.000 ECU's.

En el proyecto P-2348, de soldadura de grandes espesores con láseres, participa un grupo del Consejo de Investigaciones Científicas de Madrid (del Instituto de Estructura de la Materia y del CENIM, con Enosa y Bazán como patrocinadores industriales) en colaboración con tres de los más importantes centros láser europeos (RTM, en Turín, ETCA en París e ILT, un instituto Fraunhofer en Aquisgrán) y varias empresas industriales italianas y francesas. El presupuesto total es de casi 3 millones de ECU's; la subvención de la CEE al equipo español, relativamente modesta, es de casi 100.000 ECU's.

Se suele decir que el programa EUREKA es la versión europea de la Inicitiva de Defensa Estratégica USA, aunque dirigida explícitamente a la promoción del desarrollo tecnológico con fines civiles. A través del EUREKA los gobiernos y la comisión del programa apoyan proyectos cooperativos ayudando con fondos públicos a su financiación, de acuerdo con regulaciones aprobadas por los países participantes. La tabla 3 presenta diez proyectos EUREKA relativos a fuentes láser o a aplicaciones de especial interés industrial.

TABLA 3
PROGRAMA EUREKA

PROYECTO	OBJETIVOS	PAISES PARTICIPANTES	PRESUPUESTO	INICIACION
Proyecto EUROLASER y de aplicaciones de láseres de potencia				
Proyectos aprobados en la reunión de Madrid el 15-9-1987				
EU 180	Fuente CO_2 10 kw	AU, BE, IT, E	$ 32 M/5 años	1988
EU 194	Aplicaciones CO_2 > 10 Kw	AU, BE, DK, FR, RFA, GR, IT, E, UK	$ 43,3 M/5 años	1988
EU 204	Célula para tratamientos superficiales; CO_2 3-5 kw	RFA, IT	$ 20,5 M/4 años	1988
EU 205	Láser de excímeros de alta potencia	RFA, FR, UK, NL (GR, SU)	$ 16,8 M8 años	1988
EU 213	Láser de excímeros con pulsos alta energía (< 1 kw)	IT, NL, (UK)	$ 11,4 M/4 años	1988
EU 226	Láser de estado sólido > 1 kw	FR, RFA	$ 21,7 M/30 meses	1988
Proyectos posteriores (Copenhague 1988)				
EU 249	Técnicas de manufactura con láseres de estado sólido	UK, E, RFA, F		
Otros proyectos CO_2 aprobados previamente:				
EU 10	Célula flexible enteramente optrónica	FR, IT	(actualmente cancelado)	
EU 83	Fuente hasta 25 kw	UK, RFA, DK, E, AU	$ 50 M	Nov. 1987
EU 155	Aplicaciones CO_2	RFA, SU		1987

Como se ha señalado en la tabla, organizaciones españolas participan en cuatro de estos proyectos.

El EU-83, coordinado por el Welding Institute británico, incluye a 11 instituciones asociadas, entre ellas las empresas españolas International Electronics (Madrid) y M. Torres (Pamplona). El objetivo del proyecto es diseñar y construir un prototipo de célula automatizada para procesado de materiales, constituida básicamente por un láser de dióxido de carbono de 25 kW, un sistema avanzado de manipulación del haz (incluyendo equipamientos de rastreo de surco y control adaptativo) y provisiones para manejo de piezas y control de procesos, compatible con sistemas para CIM. International Electronics se encarga de la construcción de la fuente de alimentación de potencia (de estado sólido) del láser; M. Torres tiene la responsabilidad del diseño y construcción del "manipulador del haz", de 10 m x 3 m x 2 m, con tres zonas de trabajo.

El EU-183 se propone desarrollar fuentes láser de CO_2 compactas y modulares (de 10 kw por módulo), componentes y sistemas para transporte y conformación del haz y la integración de ambas en estaciones de trabajo especializadas. En el subproyecto español, a cargo de las empresas ENOSA (Madrid), GH Industrial (Valencia) y Crilaser (Barcelona), se propone la construcción de un prototipo de fuente láser basado en un concepto oscilador-amplificador. Este subproyecto está actualmente finalizando la fase de definición tecnológica en la que se han desarrollado fuentes de alimentación de media y de radiofrecuencias y prototipos para evaluación de distintos procesos de excitación de la fuente láser.

Muestra de las diferentes aplicaciones industriales del láser.

El EU-194 pretende investigar, evaluar y promover la utilización industrial en láseres de CO_2 CW de alta potencia y se ha establecido en cinco grupos de trabajo en los siguientes temas: caracterización (de la calidad) del haz láser, estandarización de experimentos de aplicaciones, modelos matemáticos (y simulación) de procesos, aplicaciones (en trabajos cooperativos en temas genéricos y otros más confidenciales cuando haya interés en más de un país) y seguridad (normas de aplicación y de seguridad). Actúa como representante español en el Comité de Dirección del programa el Centro Láser de Navarra; otros participantes con financiación gubernamental al 50% de su actividad son: Láser Melis, el CSIC (Instituto de Estructura de la Materia en colaboración con otros grupos universitarios) e INASMET. La financiación gubernamental se utiliza también para promocionar la utilización de tecnología láser de alta potencia en aplicacines nacionales.

Finalmente, el EU-2249 está participado fundamentalmente por Lumonics (UK) e Industrias Anayak (E) y busca: "maximizar la efectividad competitiva de la industria europea en el procesado con láseres y proveer una fuente europea de sistemas, equipos y tecnología para manufactura avanzada con láseres de estado sólido".

Las compañías españolas citadas, con la adición de "Láser Quanta" en Madrid y "Lascomp" en Barcelona, junto con los centros láser e instituciones implicadas en el EU-194, asumen la gran mayor parte de la actividad nacional en el campo, en colaboración con grupos universitarios, especialmente en Madrid, Barcelona, Valencia, Vigo y Bilbao.

Es obligado citar, además, la creciente introducción de talleres láser en el País Vasco y Navarra para aplicaciones de corte de chapa en la mayor parte de los casos. Es posible que de Bilbao a San Sebastián puedan contarse hasta una decena de talleres de ese tipo.

En octubre de 1988, el CSIC y el gobierno de la Autonomía de Madrid, crearon la "Fundación Madrid-Láser" que hacia finales de 1989 dispondrá de un Centro de Aplicaciones Industriales para la difusión y promoción de esta tecnología en el entorno industrial madrileño. La fundación cooperará con universidades y otros organismos públicos y con empresas en la investigación y desarrollo de aplicaciones industriales concretas. ■

Presente y futuro de la Optoelectrónica Su aplicación a las comunicaciones ópticas civiles y militares

JUAN JOSE JIMENEZ LIDON

JUAN JOSE JIMENEZ LIDON

PROFESOR Titular de la Universidad Politécnica de Madrid, Departamento Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones (E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación), y Jefe de División de Telefónica, Investigación y Desarrollo. Es Docteur en Electronique, Option Haute Fréquence por la Universidad de Toulouse; Docteur es Sciences Physiques por la Universidad de París XI (Orsay) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la U.P.M.

De 1964 a 1984 ha trabajado en Francia (U. de Toulouse, C.N.E.T., C.N.R.S., U. de Paris XI - Orsay; L.P.T.F. y B.N.M., S.A.T., SFENA, CROUZET, etc.) y en EE.UU. (N.B.S.) en microondas, superconductividad, criogenia, estandares de frecuencia, metrología óptica, medida de la velocidad de la luz, láseres y detectores infrarrojos y comunicaciones ópticas fundamentalmente.

Vuelto a España en 1984 en año sabático, ha sido el Primer Director del Círculo de Electrónica Militar, Presidente de la Comisión Optrónica del Ministerio de Defensa, así como coordinador de diferentes cursos, conferencias y congresos nacionales e internacionales.

Autor de cuatro libros, de más de ochenta artículos en revistas y conferencias, de dos patentes y director de más de treinta y cinco trabajos de investigación y tesis, ha impartido cursos y pronunciado innumerables conferencias en España y el extranjero y ha recibido dos premios franceses y uno del IEEE.

INTRODUCCION

LAS ondas luminosas constituyen una forma más de la energía electromagnética (EM). Similares a las ondas de radio, tienen la ventaja de utilizar frecuencias mil veces más altas, en la zona de los cientos de THz (1 THz = 1.000 GHz = 10^{12} Hz). Debido a la alta frecuencia de la portadora es posible vehicular a través de ella gran cantidad de información.

De hecho, y debido a la evolución creciente de las tecnologías, la frecuencia de las ondas radio ha ido aumentando, utilizándose sucesivamente las ondas métricas, decamétricas, centimétricas y más recientemente, las milimétricas. Ello ha sido debido tanto a causas de saturación del espectro EM como a las necesidades, cada día crecientes, de enviar más información sobre la misma portadora.

La figura 1 muestra el espectro EM con indicación de alguna de las ondas anteriormente citadas, así como de la región óptica, que se extiende desde la banda milimétrica (infrarrojo lejano, LIR, medio MIR, y próximo, PIR) al visible. Más allá se encuentra el ultravioleta (UV), los rayos X y los rayos gamma.

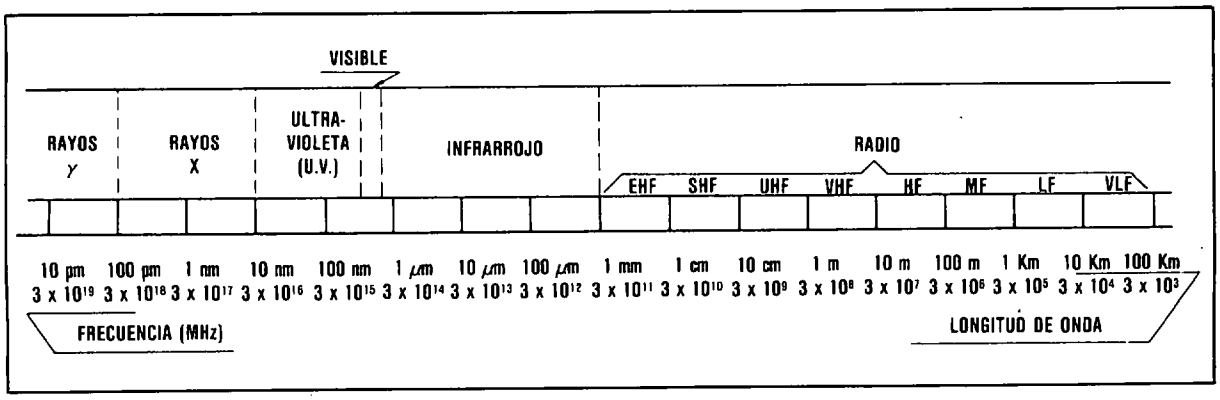


Fig. 1. Espectro electromagnético comprendido entre 3 KHz y los rayos gamma.

La utilización de frecuencias ópticas en lugar de frecuencias radio no fue posible hasta la invención del láser, en 1960[1]. La disponibilidad de un emisor de luz coherente y monocromático estimuló la exploración del espectro óptico como soporte de altos flujos de información. Comenzaron entonces los estudios básicos sobre los procesos y detección de las ondas ópticas, y se realizaron los primeros experimentos de transmisión vía atmósfera.

El empleo de las fibras de vidrio como medio para guiar la señal óptica, nacido como extrapolación de la propagación guiada en microondas, empezó a ser atractivo debido a múltiples ventajas: tamaño, peso, fiabilidad... En efecto, las fibras de vidrio permitían guiar la luz mediante múltiples reflexiones internas de los rayos luminosos. La diferencia con las microondas estribaba en el hecho de que el medio era dieléctrico, mientras que en éstas era, en general, metálico y hueco.

Las primeras fibras de vidrio disponibles presentaban pérdidas de varios miles de decibelios por kilómetro (dB. Km^{-1}), pero en 1966 Kao y Hockman[2] señalan que la atenuación experimental obtenida en las fibras de vidrio era debida a las impurezas de su fabricación, y que los mecanismos intrínsecos de atenuación permitían obtener valores mucho más bajos, por lo que las fibras de vidrio eran un soporte posible de información de frecuencias ópticas.

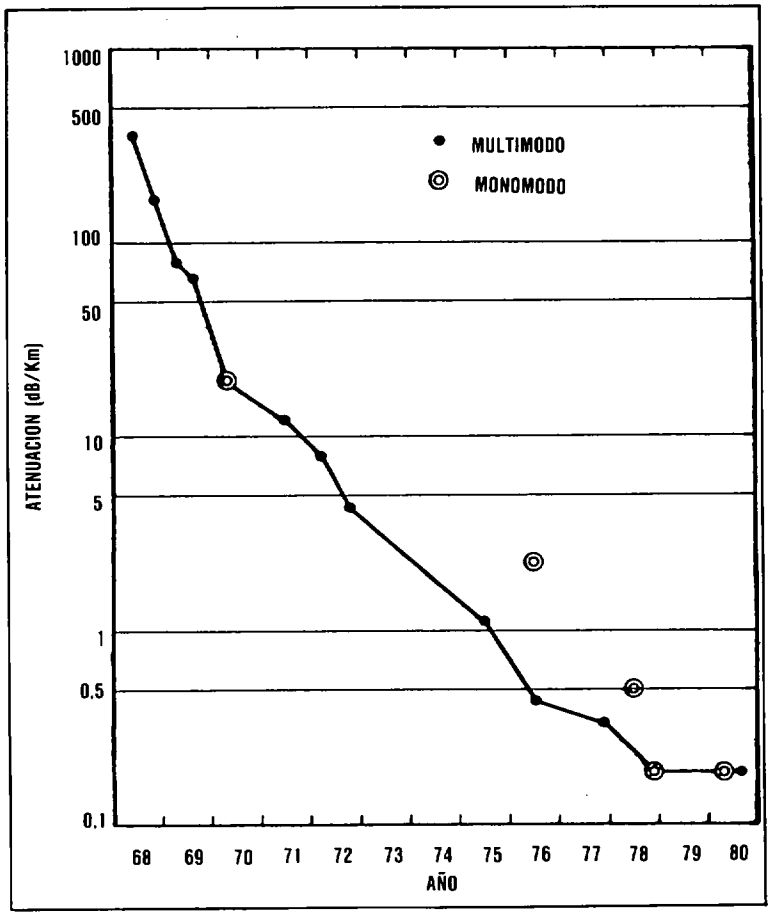


Fig. 2. Evolución de la atenuación de las fibras de sílice en función del tiempo.

Tal aserto se convirtió en realidad en 1972, al obtenerse fibras con atenuaciones inferiores a 20 dB Km^{-1} [3] y posteriormente 4 db Km^{-1} con fibras de núcleo de sílice de alta pureza[4]. La figura 2 muestra la evolución decreciente de la atenuación en función del tiempo.

Por otro lado, y durante la misma época, se desarrollaron nuevos láseres, primero sólidos y de gas, más tarde de semiconductores y líquidos. La figura 3 muestra algunos de los láseres disponibles, de los tipos antes indicados, hasta 600 THz. Es necesario señalar que existen muchos más, y que se ha obtenido también el efecto láser en la región de los rayos X blandos.

El advenimiento de emisores y detectores ópticos de pequeño tamaño y consumo, así como fiables, abrió las puertas a la realización de las comunicaciones ópticas (C.O.) por fibra. En 1970 se realizó el primer láser de AlGaAs capaz de operar de forma continua a temperatura ambiente[5]. Si la vida media de tales

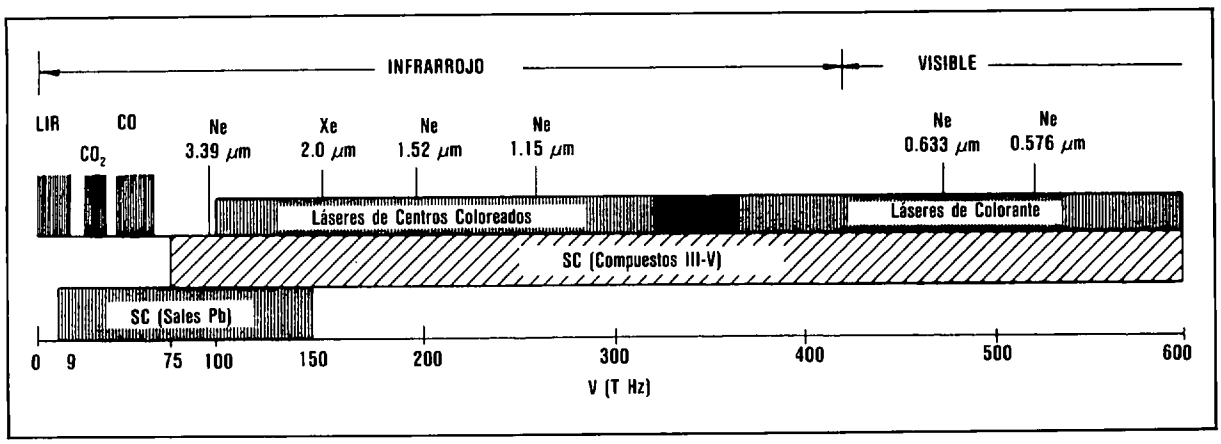


Fig. 3. Espectro electromagnético en la zona de los THz, con indicación de algunos láseres de gas, líquido o semiconductor (SC).

dispositivos era sólo de unas horas, hoy existen diodos láser (DL) comercializados con más de 100.000 horas de vida. Burrus[6] desarrolló en 1970 un diodo electroluminiscente (DEL), incoherente, idóneo para ser acoplado a las fibras ópticas (F.O.).

Desde entonces los avances han sido gigantescos, tanto en el aspecto de las F.O., donde se han obtenido atenuaciones de 0,2 db Km^{-1} a 1,55 um, como de los dispositivos emisores y receptores, basados no sólo en el AsGas, sino fundamentalmente en el InP.

VENTAJAS DE LAS COMUNICACIONES POR FIBRA OPTICA (C.F.O.)

LAS más importantes derivan de las grandes anchuras de banda y de las bajas pérdidas que se obtienen con tales fibras, así como de su inmunidad a las interferencias EM, a las altas tensiones, su reducido tamaño, peso y precio, su fiabilidad, seguridad y aislamiento, etc.

La inmunidad a los campos EM es debida al carácter dieléctrico de estas fibras y a los modos que se propagan en su interior. Su carácter dieléctrico les proporcionan igualmente un total aislamiento eléctrico.

La gran anchura de banda está directamente ligada a la frecuencia de la portadora. En efecto, la capacidad potencial de información se incrementa con la frecuencia de la portadora, que es un sistema óptico de 1.000 a 10.000 veces superior a la de un enlace típico de microondas. Un láser permite así capacidades de transmisión de hasta 100 $Gbits^{-1}$. La figura 4 muestra la evolución de la capacidad de información de diferentes sistemas[7], en función del tiempo, tomado como un punto de partida de Telegrafía Morse.

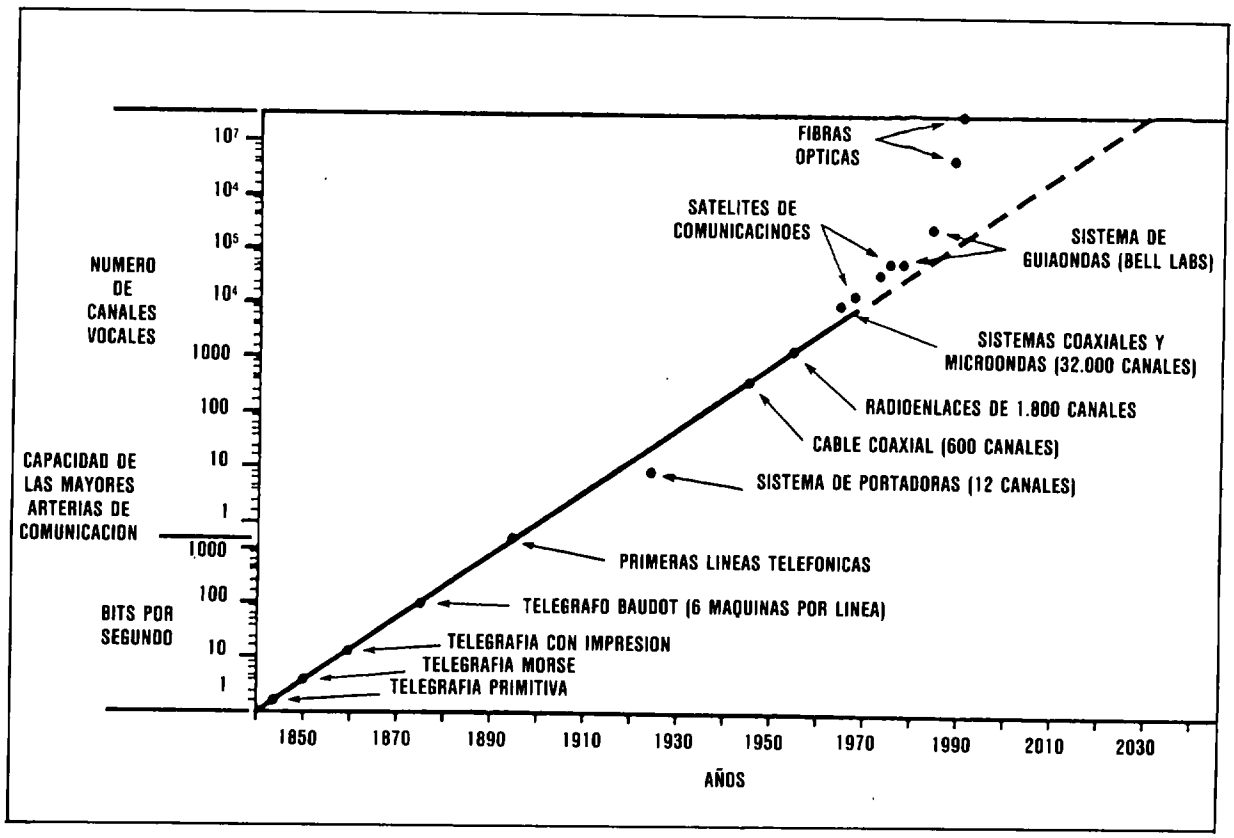


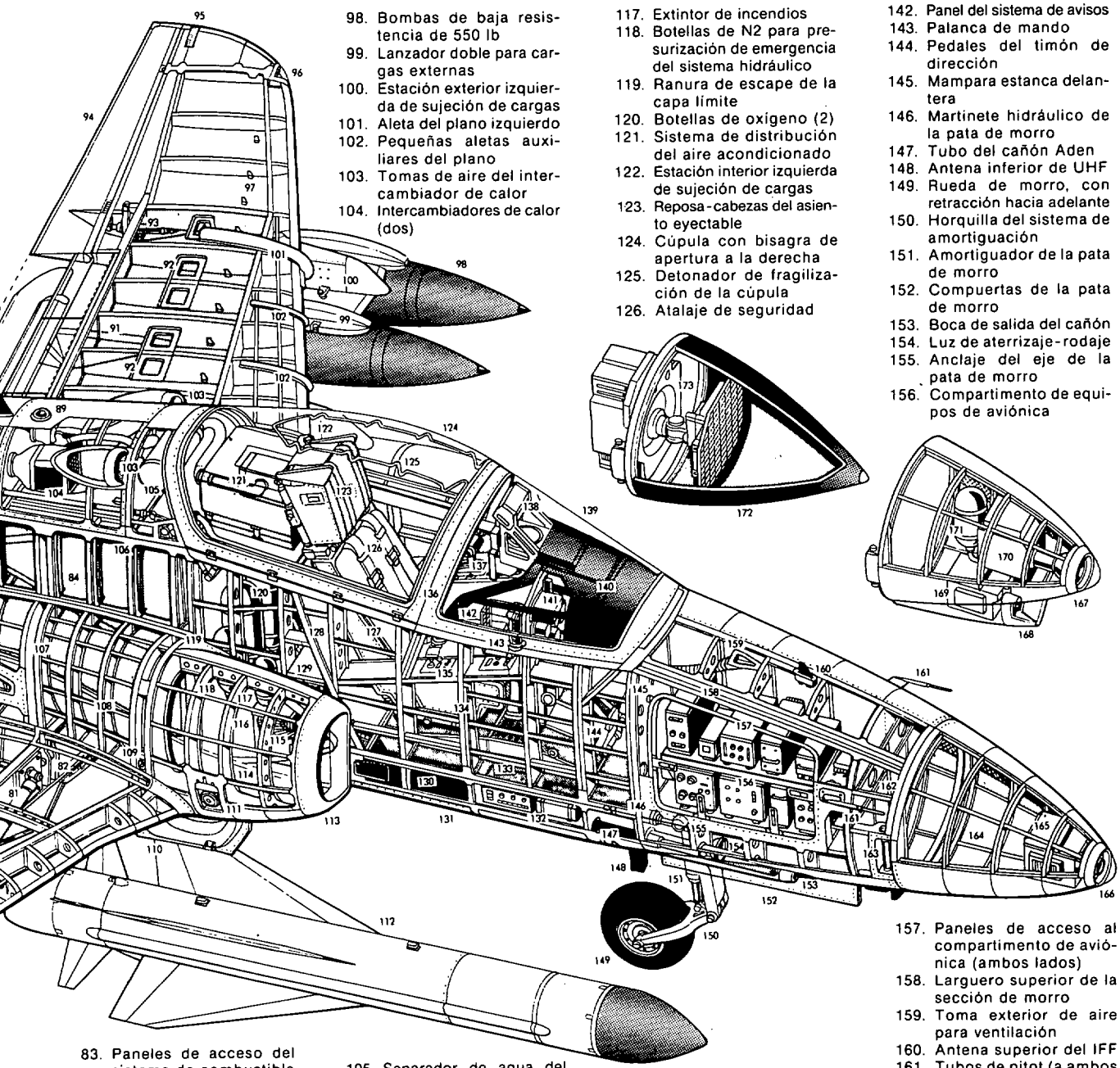
Fig. 4. Evolución histórica de la capacidad de información de los sistemas de Telecomunicación.

La figura 5 permite realizar una comparación de la atenuación en función de la banda pasante para diversos medios de transmisión: cable coaxial y fibras ópticas. Se deduce de ella las grandes ventajas en banda pasante y atenuación de las fibras monomodo. Ello permite utilizar grandes capacidades de información a grandes distancias, como queda señalado en la figura 6, donde se indican los diferentes campos de utilización de las fibras ópticas en función de la velocidad binaria necesaria y de la distancia. Como puede comprobarse, excepto las comunicaciones terrestres o submarinas a larga distancia, la mayoría de los sistemas necesitan distancias de transmisión inferiores a los 100 Km, que pueden ser conseguidas con los diferentes tipos de fibras existentes, cuyas pérdidas han ido disminuyendo progresivamente, como quedó dicho anteriormente, en el transcurso del tiempo. Actualmente la fibra normalmente utilizada en C.O. es la fibra de sílice, cuyas atenuaciones típicas son de 2-3 dB Km^{-1} en la banda de 0,8-0,9 μm de 0,3-0,6 dB Km^{-1} a 1,3 μm y de 0,16-0,30 dB Km^{-1} entre 1,5 y 1,6 μm.

BAe HAWK 200

1. Plano de cola móvil derecho
2. Estructura multi-larguero del plano de cola
3. Tobera de escape del motor
4. Carenado posterior de la antena de ECM
5. Alojamiento del paracaídas de frenado
6. Eje de giro del plano de cola
7. Chapa de protección del mecanismo de la cola
8. Actuador hidráulico del plano de cola
9. Plano de cola móvil izquierdo
10. Aleta de compensación del timón
11. Actuador de la aleta de compensación
12. Control de bisagra del timón
13. Contrapesos de equilibrio
14. Estructura del timón en "nido de abeja"
15. Timón de dirección
16. Carenado de la antena
17. Antena de VHF
18. Carenado anterior de la antena de ECM
19. Estructura interna de la deriva
20. Varillaje de control del timón
21. Acoplamiento de los largueros de la deriva
22. Aleta lateral "SMURF"
23. Tobera de escape con recubrimiento aislante térmico
24. Protector anti-golpes
25. Antena inferior del IFF
26. Aletas estabilizadoras ventrales
27. Martinete del aerofreno
28. Aerofreno ventral, abierto
29. Panel de acceso al compartimento del motor
30. Mampara cortafuegos
31. Depósito hidráulico, lados izquierdo y derecho
32. Carenado frontal de la deriva
33. Actuador de la turbina de aire de impacto
34. Turbina de emergencia de aire de impacto, extendida
35. Compuertas del alojamiento de la turbina
36. Cubierta de la bodega de equipos
37. Sección de combustión y turbina del motor
38. Motor turbofán Rolls Royce/Turbomeca Adour 871
39. Depósito de aceite del motor
40. Carenado posterior del encastre del plano
41. Caja de engranajes de los accesorios
42. Cuadernas de la bodega del motor
43. Conductos de aire sangrado del motor
44. Motor de turbina para puesta en marcha (APU)
45. Salida de gases del APU
46. Rejilla de admisión de aire del APU
47. Cuaderna principal de sujeción del larguero posterior del plano
48. Rueda del compresor del motor
49. Junta de unión del larguero posterior
50. Paneles de inspección del borde de salida del plano
51. Costillas de la estructura del flap
52. Flap derecho de doble ranura, tipo Fowler
53. Varillaje de actuación del flap
54. Larguero principal posterior
55. Estructura de soporte del flap
56. Martinete hidráulico del alerón
57. Estructura interna del alerón en "nido de abeja"
58. Alerón derecho
59. Antena del localizador
60. Luz de navegación derecha
61. Largueros secundarios del plano
62. Bombas de baja resistencia, de 550 lb. (250 kg.)
63. Lanzador doble para cargas externas
64. Estación exterior derecha de sujeción de cargas
65. Costilla limitadora del depósito interno del plano
66. Aleta del plano derecho
67. Tira de control de la pérdida
68. Depósito lanzable de 590 lt
69. Estación interior derecha de sujeción de cargas
70. Estructura interna del borde de ataque
71. Pequeñas aletas auxiliares del plano
72. Rueda principal derecha
73. Compuertas de la pata del tren
74. Mecanismo de amortiguación del tren
75. Amortiguador principal
76. Larguero auxiliar delantero
77. Estructura interna del plano
78. Largueros secundarios de la estructura del plano
79. Depósito interno del plano derecho. Cap. total interna 1.074 lt
80. Anclaje del eje de retracción del tren
81. Martinete hidráulico del tren
82. Anclaje del larguero principal del plano

AERO NAUTICA
Revista de Aeronáutica y Astronáutica



83. Paneles de acceso del sistema de combustible
84. Depósito interno del fuselaje
    85. Válvula de control del aire sangrado del motor
    86. Varilla de control del timón
87. Conducto de salida del intercambiador de calor
88. Antena superior de UHF
89. Luz anti-colisión
90. Flap de doble ranura del plano izquierdo, abatido
91. Depósito interno del plano izquierdo
92. Paneles de acceso al depósito de combustible
93. Martinete hidráulico del alerón
94. Alerón izquierdo
95. Antena del localizador
96. Luz de navegación izquierda
97. Generador de vértices
98. Bombas de baja resistencia de 550 lb
99. Lanzador doble para cargas externas
100. Estación exterior izquierda de sujeción de cargas
101. Aleta del plano izquierdo
102. Pequeñas aletas auxiliares del plano
103. Tomas de aire del intercambiador de calor
104. Intercambiadores de calor (dos)
105. Separador de agua del sistema neumático
106. Larguero superior del fuselaje
107. Cuaderna doble de anclaje del larguero principal
108. Estructura interna de la tobera de admisión
109. Anclaje del larguero auxiliar delantero
110. Compuerta del tren principal
111. Ubicación (en la parte izquierda) de la boca de carga de combustible
112. Misil anti-buque Sea Eagle
113. Tobera de admisión izquierda
114. Cuaderna de la tobera de admisión
115. Sistema de alimentación de munición al cañón
116. Compartimento de munición para 150 cartuchos
117. Extintor de incendios
118. Botellas de N2 para presurización de emergencia del sistema hidráulico
119. Ranura de escape de la capa límite
120. Botellas de oxígeno (2)
121. Sistema de distribución del aire acondicionado
122. Estación interior izquierda de sujeción de cargas
123. Reposa-cabezas del asiento eyectable
124. Cúpula con bisagra de apertura a la derecha
125. Detonador de fragilización de la cúpula
126. Atalaje de seguridad
127. Asiento eyectable Martin Baker MK10L
128. Mampara estanca posterior
129. Bodega de equipos del fuselaje
130. Cañón Aden de 25 mm
131. Panel de acceso al mecanismo del cañón
132. Compartimento de equipos eléctricos
133. Cubierta estanca del compartimento de cabina
134. Cuadernas del alojamiento de la cabina
135. Consola lateral izquierda
136. Arco de la cúpula
137. Mando de gases del motor
138. Visor "Head-Up-Display" del piloto
139. Parabrisas delantero
140. Cubierta del panel de instrumentos
141. Panel de instrumentos
142. Panel del sistema de avisos
143. Palanca de mando
144. Pedales del timón de dirección
145. Mampara estanca delantera
146. Martinete hidráulico de la pata de morro
147. Tubo del cañón Aden
148. Antena inferior de UHF
149. Rueda de morro, con retracción hacia adelante
150. Horquilla del sistema de amortiguación
151. Amortiguador de la pata de morro
152. Compuertas de la pata de morro
153. Boca de salida del cañón
154. Luz de aterrizaje-rodaje
155. Anclaje del eje de la pata de morro
156. Compartimento de equipos de aviónica
157. Paneles de acceso al compartimento de aviónica (ambos lados)
158. Larguero superior de la sección de morro
159. Toma exterior de aire para ventilación
160. Antena superior del IFF
161. Tubos de pitot (a ambos lados)
162. Mampara posterior de la bodega de sensores
163. Bisagra de la bodega de sensores
164. Estructura de la bodega frontal de sensores
165. Telémetro y detector de iluminación láser (LRMTS)
166. Ventana frontal del LRMTS
167. Configuración de morro alternativa para ataque nocturno
168. Ventana ventral del LRMTS
169. Telémetro láser y detector de iluminación láser
170. Detector termográfico delantero (FLIR)
171. Botella de enfriamiento del FLIR
172. Configuración de morro alternativa, con radar
173. Equipo radar ligero multimodo

NORMAS DE COLABORACION

Puede colaborar con la Revista de Aeronáutica y Astronáutica toda persona que lo desee, siempre que se atenga a las siguientes normas:

1. Los artículos deben tener relación con la Aeronáutica y la Astronáutica, las Fuerzas Armadas, el espíritu militar y, en general, con todos los temas que puedan ser de interés para los miembros del Ejército del Aire.

2. Tienen que ser originales y escritos especialmente para la Revista, con estilo adecuado para ser publicados en ella.

3. Los trabajos no pueden tener una extensión mayor de OCHO (8) folios, de 36 líneas cada uno, mecanografiados a doble espacio. Los gráficos, dibujos, fotografías o anexos que acompañan al artículo no entran en el cómputo de los ocho folios.

4. De los gráficos, dibujos y fotografías se utilizarán aquellos que mejor admitan su reproducción.

5. Además del título deberá figurar el nombre del autor, así como su domicilio y teléfono. Si es militar, su empleo y destino.

6. Al final de todo artículo podrá indicarse, si es el caso, la bibliografía o trabajos consultados.

7. Siempre se acusará recibo de los trabajos recibidos, pero ello no compromete a su publicación. No se mantendrá correspondencia sobre los trabajos, ni se devolverá ningún original recibido.

8. Toda colaboración publicada será remunerada de acuerdo con las tarifas vigentes, que distingue entre los artículos solicitados por la Revista y los de colaboración espontánea.

9. Los trabajos publicados representan exclusivamente la opinión personal de sus autores.

10. Todo trabajo o colaboración se enviará a:

REVISTA DE AERONAUTICA Y ASTRONAUTICA
Redacción
Princesa, núm. 88
28008 - MADRID

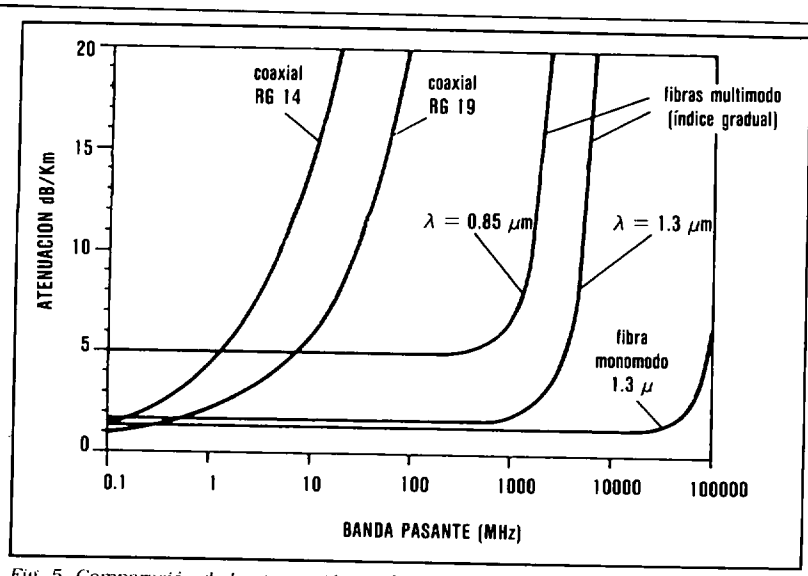


Fig. 5. Comparación de la atenuación en función de la banda pasante para diversos medios de transmisión: cable coaxial y fibras ópticas.

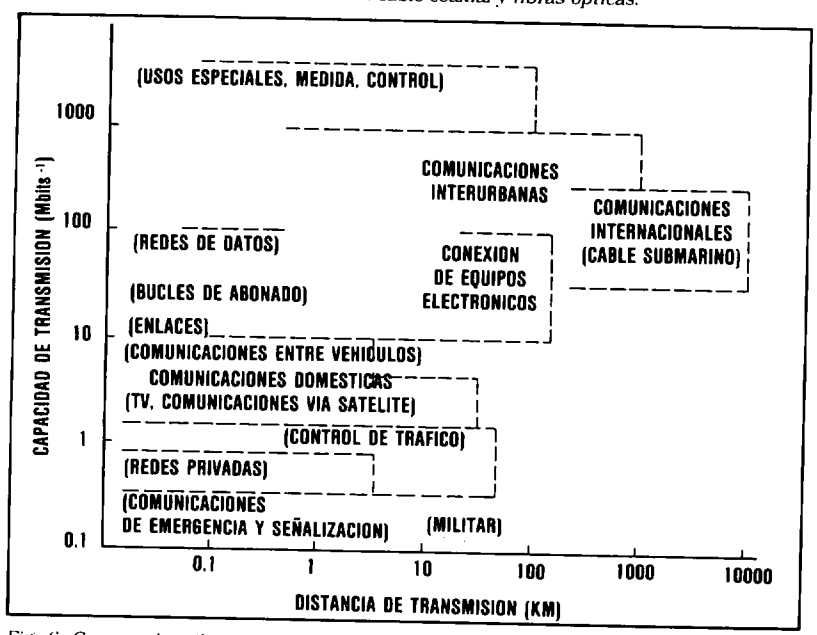


Fig. 6. Campos de utilización de las telecomunicaciones. Se indica la velocidad binaria necesaria para cada uso en función de la distancia.

SISTEMAS DE COMUNICACIONES OPTICAS

EL esquema básico de un sistema de C.O. se indica en la figura 7. Los elementos que lo componen son emisores y receptores, amplificadores, circuitos de óptica integrada, fibra óptica, materiales activos y pasivos, etcétera. Si observamos la evolución tecnológica de las diferentes generaciones de sistemas de C.O., deduciremos una primera consecuencia, y es que progresivamente se han ido utilizando longitudes de onda cada vez más elevadas. Otra verificación inmediata es el paso de la fibra multimodo a la fibra monomodo. Ambas realizaciones han sido posibles gracias a los progresos tecnológicos conseguidos durante los últimos años[8].

Las seis generaciones en que pueden clasificarse las C.O. son las siguientes:

— **Primera generación,** aún en uso, son los sistemas digitales utilizando fibras multimodo en la ventana 0,8-0,9 μm, usando Diodos Electroluminiscentes (DEL) o láseres (GaAs, GaAlAs). Válidos para comunicaciones a corta distancia (10 Km) y limitados por la capacidad de información transmitida (limitación por dispersión modal y cromática), del orden de 1 Gbits^{-1} x Km. Utilizados en todo el mundo, estos sistemas han sido realizados en España por Telefónica.

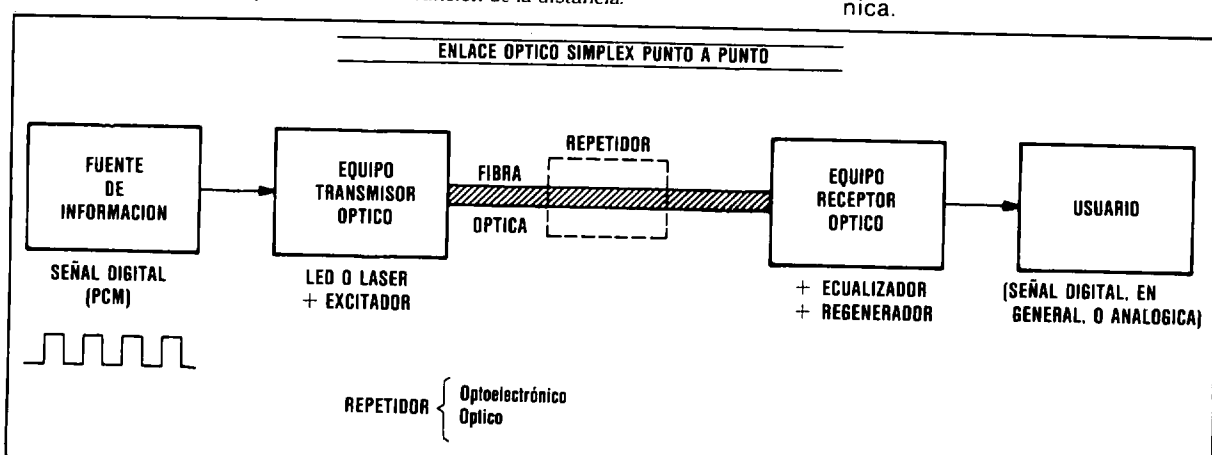


Fig. 7. Esquema de un enlace óptico simplex punto a punto.

— **Segunda generación,** fibras multimodo a 1,3 μm, usando DEL o láseres (GaAsInP). Comunicaciones hasta 40 Km sin repetidor, y limitadas por la dispersión modal a 2-3 Gbits^{-1} x Km. Se usan actualmente a escala mundial.

— **Tercera generación,** fibras monomodo a 1,3 μm, usando láseres. Comunicaciones hasta 50 Km sin repetidor. Sin dispersión modal y dispersión cromática baja, la capacidad de información típica es de 20-30 Gbits^{-1} x Km, habiéndose obtenido en laboratorio hasta 100 Gbit s^{-1} x Km (p.e. con una velocidad de 2 Gbits^{-1}, la distancia útil es de 50 Km). Se empiezan a usar en sistemas operacionales y Telefónica los está instalando en España (p.e. Madrid-Barcelona), utilizando sistemas de 140 y 565 Mbits^{-1}. En 1990 existirán más de 70.000 Km de fibra monomodo tendidos en todo el país (figura 8).

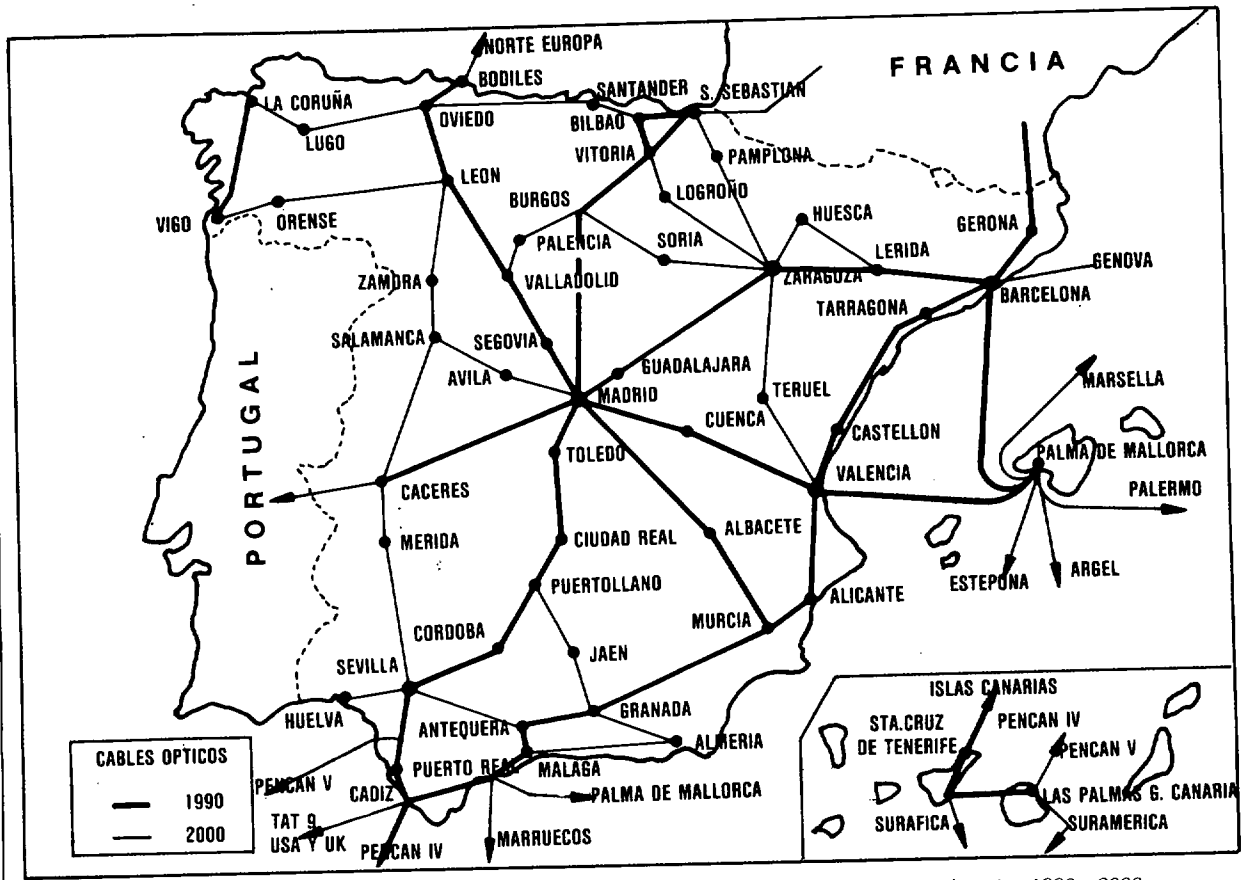


Fig. 8. Previsiones de Telefónica referentes al tendido de cable óptico terrestre y submarino, para los años 1990 y 2000.

— **Cuarta generación**, fibras monomodo, en la ventana 1,5-1,6 μm, usando láseres monocromátios. Comunicaciones del orden de 100 a 200 Km, permiten velocidades binarias altas ($\geq$ 200 Gbits^{-1} x Km). Su uso se extiende a nivel laboratorio y a primeras realizaciones experimentales.

— **Quinta generación,** fibras monomodo trabajando a 1,3 o 1,5 μm con un sistema coherente, lo que implica láseres monocromáticos, modulación y sistemas de detección homodino o heterodino, sistema de modulación PSK, debido a la mayor sensibilidad del receptor (—65 dBm para 140 Mbits^{-1}). Comunicaciones del orden de 100 a 400 Km sin repetidor óptico y velocidades binarias muy altas, hasta 10 Gbits^{-1}. Actualmente en estudio avanzado a nivel laboratorio y primeras realizaciones experimentales[9].

— **Sexta generación,** fibras monomodo de longitudes de onda más largas (2-5 μm y 5-10 μm), con pérdidas inferiores (10^{-3} a 10^{-4} dBKm^{-1} teóricas). Posible uso en sistemas coherentes, utilizando láseres monocromáticos, modulación y detección heterodina. Existen láseres (GaInAs, InAsSbP, sales de Pb), moduladores y detectores (InSb, CdHgTe) en esta zona de longitudes de onda, y los estudios sobre fibras y componentes avanzan a nivel laboratorio. Los primeros usos de las fibras para aplicaciones médicas e industriales han comenzado ya, y una primera transmisión a 2,60 μm y 140 Mbtis^{-1} en fibra monomodo de vidrio fluorado (54 Km) acaba de ser anunciada por el CNET (F)[17].

Las tres primeras generaciones son prácticamente operacionales. La cuarta empieza a usarse, y ha estado limitada hasta ahora fundamentalmente por la disponibilidad de dispositivos. La quinta generación utiliza dispositivos similares a los de la cuarta, pero las técnicas coherentes imponen sistemas diferentes,

típicos de los receptores heterodinos, así como una gran pureza espectral para los osciladores[9]. Finalmente, la sexta generación supone un cambio total de materiales, tanto en cuanto a la fibra como a los dispositivos.

La figura 9 indica, para cada una de las generaciones de sistemas citados, la velocidad binaria en función de la longitud del vano, mostrando claramente las ventajas de los sistemas utilizando fibra monomodo, y dentro de ellos, los sistemas coherentes de la quinta generación, que permiten acercarse a las condiciones límites ideales de detección.

MATERIALES Y DISPOSITIVOS

Semiconductores

Las funciones fundamentales que deben realizar son las de emisión, recepción, amplificación y dentro de los sistemas de óptica integrada otras tales como la conmutación, modulación, multiplexado, etc.

El Ge y el Si no son materiales capaces de emitir en el IR, ni tampoco el CdHgTe, pero todos ellos son capaces de detectar. Por el contrario, los compuestos III-V pueden servir para emisión, recepción, amplificación y en óptica integrada. Los elementos de estos grupos son casi totalmente miscibles en estado sólido, pudiendo obtenerse soluciones sólidas de compuestos, no sólo binarios, sino también ternarios y cuaternarios.

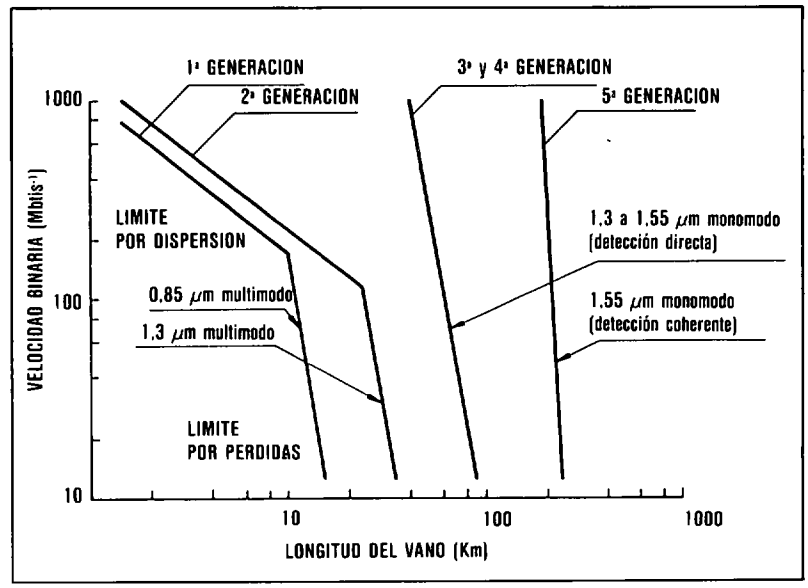


Fig. 9. Velocidad binaria en función de la longitud del vano para las diferentes generaciones de sistemas de C.O.

Emisores

Los primeros dispositivos emisores fueron los Diodos ElectroLuminiscentes (DEL), en los que se controla la anchura de la región de recombinación utilizando heterouniones. No utilizan cavidad, resultando un dispositivo incoherente. Emiten por la superficie (diodo tipo Burrus), o por el borde, con una radiación de tipo Lambertiano y con valores de radiación de unos % respecto a la generada en su interior. Sus anchuras espectrales varían entre 10 y 100 nm y sus potencias de salida son del orden del mW. La anchura de banda es del orden o inferior a 1,5 GHz. Son fáciles de adaptar a una fibra óptica, especialmente multimodo, baratos y fiables, por lo que son muy utilizados, especialmente en redes de área local.

Un diodo láser (DL) es un dispositivo coherente gracias a la cavidad óptica y puede funcionar como un DEL en condiciones de baja corriente de excitación (fig. 10). Existen diferentes tipos, siendo muy utilizados los de doble hetereoestructura y geometría ranurada. La figura 11 muestra diferentes tipos de emisores (III-V, II-VI, y IV-VI) emitiendo desde el visible hasta más allá de las 8 μm (compuestos IV-VI).

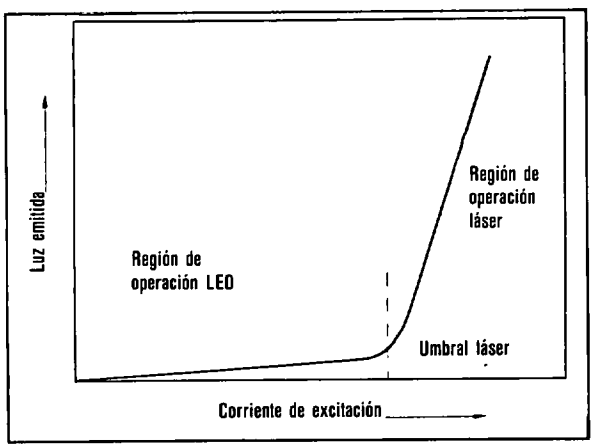


Fig. 10. Característica típica de un emisor láser: DEL para corrientes inferiores al umbral y DL para corrientes superiores.

Sus anchuras espectrales son inferiores al nm, habiéndose obtenido valores de varios MHz con los láseres más monocromáticos tales como los de realimentación distribuida (DFB). Existen diferentes métodos para reducir la anchura de la raya espectral (cavidad exterior, láser C^3, bloqueo por inyección, etc.), habiéndose obtenido así anchuras del orden de 10 KHz y muy recientemente 500 Hz, es decir, estabilidades de frecuencia de 10^{-12}.

Las potencias de emisión son del orden de 10 mW, y la frecuencia de emisión es función de la potencia de salida y de la temperatura, con valores del orden de $\Delta V \times p < 50$ MHz x mW y $\Delta / \Delta T = 0{,}5$ nm/º C.

El uso de arrays de diodos permite aumentar las potencias, habiéndose obtenido ya 400 mW en onda continua y hasta 11 W en onda quasicontinua con dispositivos en GaAlAs. Tales dispositivos pueden

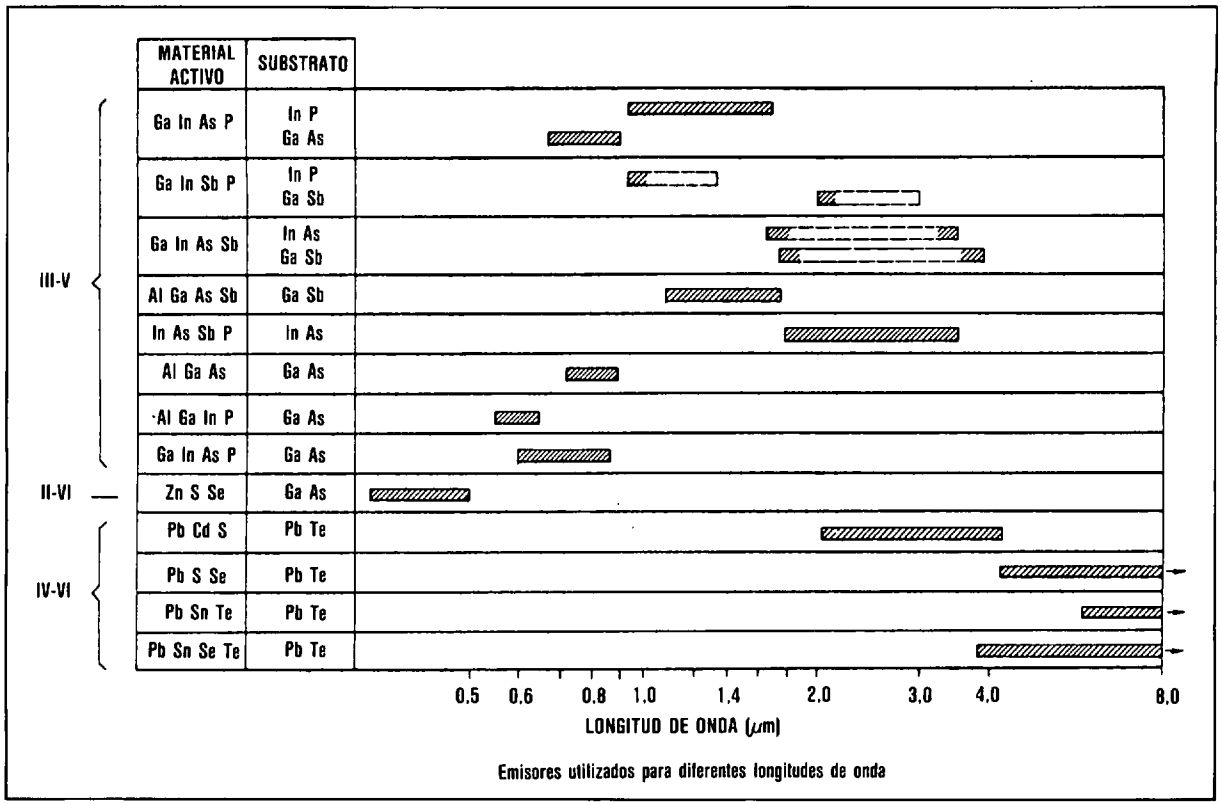


Fig. 11. Materiales semiconductores utilizados como emisores y substratos. Se indican las bandas de longitud de onda de emisión (visible hasta más de 8 μm).

aumentar la capacidad y distancia entre terminales, usando dinámicas de 90 dB entre emisor y receptor en lugar de los 30 dB actuales en detección directa, y los 60 dB en detección coherente. También permiten abordar las comunicaciones inter-satélites a distancias del orden de los 40.000 Kms (ver 5.1).

Los receptores

Los dos tipos fundamentalmente utilizados son los PIN, con bajo factor de ruido, y los APD, fotodiodos de avalancha, que producen una ganancia de hasta un factor 100 debido al efecto de multiplicación por avalancha. Sin embargo son más ruidosos que los PIN.

Los dispositivos en Si son utilizados a 0,8 μm, mientras que el Ge y los compuestos III--V (sobre substrato AsGa o InP) lo son para longitudes de onda comprendidas entre 1,3 y 2,1 μm. Los detectores CdHgTe (CMT) son también válidos en la banda 1,3-1,6 μm y han sido utilizados desde hace tiempo entre 10 y 12 μm.

Para aumentar la sensibilidad del detector, se usan amplificadores integrados con el mismo. En el caso de los detectores PINFET se obtiene un ruido muy bajo. Todos ellos pueden ser usados en sistemas de detección directa.

En los sistemas coherentes son preferibles los PINFET. La banda de paso en frecuencia intermedia es del orden del GHz, y el uso de un sistema de modulación adecuado permite una ganancia en sensibilidad de hasta 20 dB (fig. 12).

Los amplificadores ópticos

Hasta ahora se han utilizado repetidores óptico-eléctrico-óptico, que necesitan una primera conversión de la señal óptica en eléctrica, su posterior amplificación, y una nueva conversión en señal óptica.

Un láser es un medio que tiene una cierta ganancia, efecto que es utilizado para realizar un oscilador usando espejos semitransparentes. Pero un láser es inherentemente un amplificador, y a diferentes longitudes de onda existen hoy amplificadores láser[10].

Para que un DL funcione como amplificador, es necesario que la corriente de inyección sobrepase un cierto valor umbral (fig.13).

Para valores de la corriente de inyección inferiores al umbral de amplificación, el diodo funciona como un DEL, de forma que al aplicarle una señal óptica a la entrada no existe efecto de amplificación, puesto que tal señal será absorbida. Al aumentar gradualmente la corriente, aparece un punto a partir del cual el diodo es transparente a la luz recibida y luego adquiere una cierta ganancia, de forma que la radiación incidente será amplificada. Para corrientes de inyección mayores existen dos posibilidades:

1) El diodo funciona como oscilador láser, si los espejos de la cavidad han sido diseñados convenientemente.

2) El diodo funciona como un amplificador de gran ganancia, si no hay espejos. Como en todo amplificador, la ganancia satura a partir de un cierto nivel.

Las dos estructuras básicas del amplificador son:

a) El amplificador Fabry-Perot, con caras semirreflectoras, de forma que la luz es parcialmente reflejada y amplificada en el interior del dispositivo y

b) El amplificador de onda progresiva (AOP), sin espejos reflectores. El amplificador clásico.

El primero es menos monocromático que el segundo, y tiene menor banda pasante (1 a 10 GHz, en lugar de THz para el AOP). la Ganancia es de unos 30 dB.

Según su construcción, pueden ser utilizados como repetidor de línea o como preamplificador de bajo ruido en recepción. En el primer caso se puede aumentar la distancia entre repetidores hasta valores de 1.000 Km.

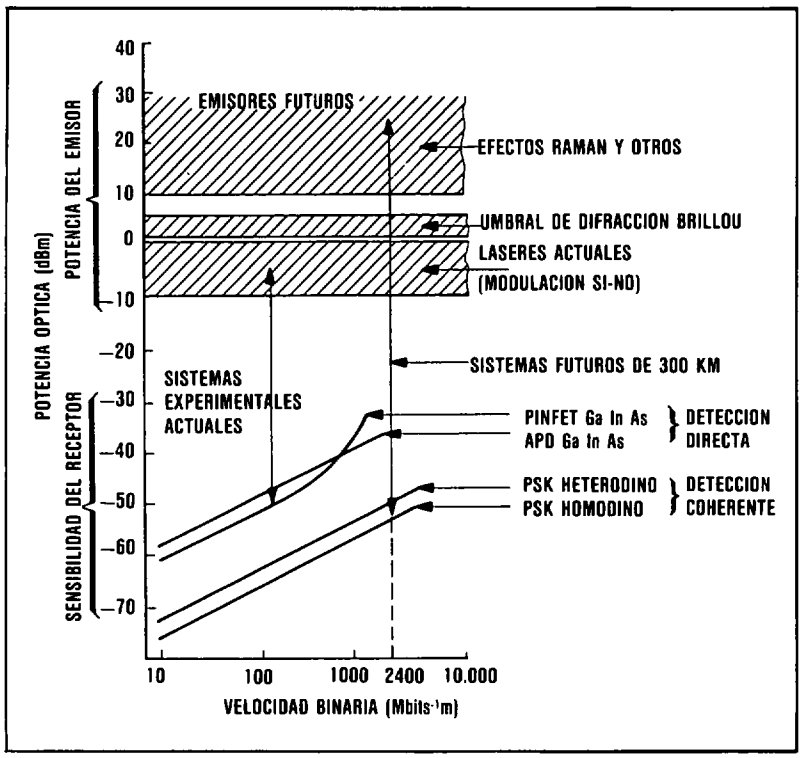


Fig. 12. Posibilidades presentes y futuras de los sistemas de comunicaciones ópticas, con indicación de algunos efectos no lineales de las fibras, que pueden ser limitativos.

La fibra óptica

Normalmente realizada en sílice en las bandas clásicas de 0,8 a 1,6 μm, se estudian nuevos materiales para longitudes de onda superiores a 2 μm[8, 11]. Cabe destacar entre ellos los fluoruros, con atenuaciones de 0,7 dB/Km a 2,5 μm[17], germanatos, calcogenuros, KCl, KRS-5, etc., con atenuaciones teóricas comprendidas entre 10^{-3} y 10^{-4} dB/Km., según la longitud de onda. Su uso será muy interesante para unir grandes distancias (océanos) sin repetidores.

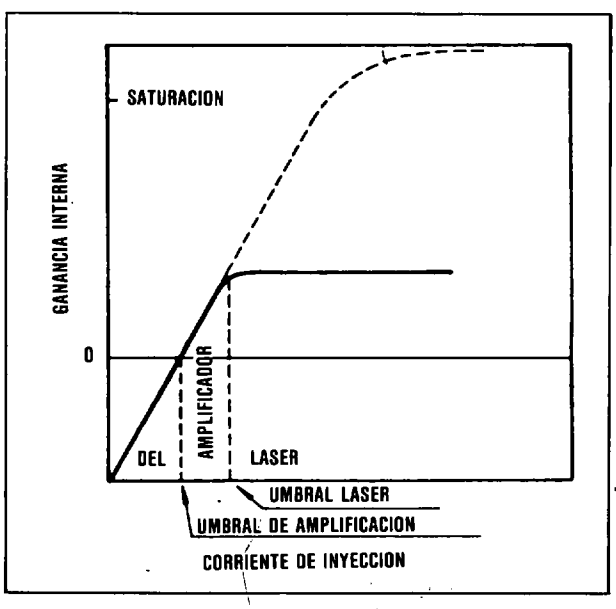


Fig. 13. Ganancia de un diodo emisor en función de la corriente de inyección. Efecto de amplificación.

En cuanto a las fibras en sílice, aparte de tener una atenuación mínima, deben poseer una dispersión baja, con objeto de reducir el ensanchamiento de los impulsos emitidos.

La dispersión modal, típica de las fibras multimodo, hace que los modos transversos lleguen al receptor retrasados respecto al modo fundamental. Esto limita el producto velocidad binaria x distancia (R_b x L) a valores del orden de 2 $Gbits^{-1}$ x Km..

En las fibras monomodo, la dispersión del material y de guía de onda son los efectos más importantes. La primera produce el ensanchamiento de un impulso que no sea monocromático. En general la mayoría de las fibras actuales tienen una dispersión nula a 1,3 μm, pero ciertas fibras especiales tienen una dispersión nula a 1,55 μm. Por compensación de ambos efectos dispersivos (del material y de guía de onda) es posible obtener también una dispersión prácticamente nula entre 1,3 y 1,6 μm [9, 12].

La dispersión cromática es debida a la anchura espectral finita y no nula del emisor, y está ligada a la

dispersión de la fibra. Así pues, la tendencia actual va dirigida a disminuir tanto la dispersión propia de la fibra como la anchura espectral de los láseres. Optimizando tales parámetros es posible obtener productos R_0 x L de varios cientos de $Gbits^{-1}$ x Km.

Existen otros fenómenos en las fibras tales como la polarización, que no se conserva a lo largo de la misma. En los sistemas coherentes se hace necesario mantener la polarización de la señal y del oscilador local para realizar la detección homodina o heterodina. Se pueden utilizar fibras especiales que conservan la polarización, pero es preferible el uso de circuitos ópticos integrados que la compensan[9].

Otros fenómenos no lineales, ligados a la alta potencia transmitida, son la difusión (scattering) Brillouin y la dispersión Raman, sobre las cuales se está investigando, puesto que son fenómenos limitativos respecto a la potencia de emisión.

Los dispositivos de óptica integrada

Pueden ser realizados con materiales electroópticos, magnetoópticos y acustoópticos. También se utilizan materiales semiconductores III-V, básicamente AsGa o InP. Cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes[13]. Los primeros se pueden utilizar en circuitos híbridos y son relativamente fáciles de realizar a partir de niobato de litio, fundamentalmente. Con los segundos es posible fabricar circuitos activos y pasivos, totalmente integrados. Por el momento, las pérdidas más bajas se obtienen con dispositivos en niobato de litio.

La luz puede ser guiada a través de capas muy finas de materiales transparentes. Combinando tales capas para darles configuraciones apropiadas, y añadiendo en ciertos casos electrodos, se pueden realizar acopladores de luz, moduladores, conmutadores, polarizadores, conversores de modos, filtros, multiplexadores de tiempo y de frecuencia y otros tipos de dispositivos de múltiples puertas.

En cuanto a los conmutadores, realizados actualmente por medios eléctricos, existe un marcada tendencia a hacerlos todos ópticos, es decir, que sea la señal óptica la que realice la conmutación (fig. 14).

En el futuro será posible, como hoy sucede en baja frecuencia y microondas, realizar en óptica integrada toda clase de circuitos y sistemas ópticos de pequeñas dimensiones, quedando como único elemento no integrado la fibra. La figura 15 muestra un receptor monolítico totalmente integrado.

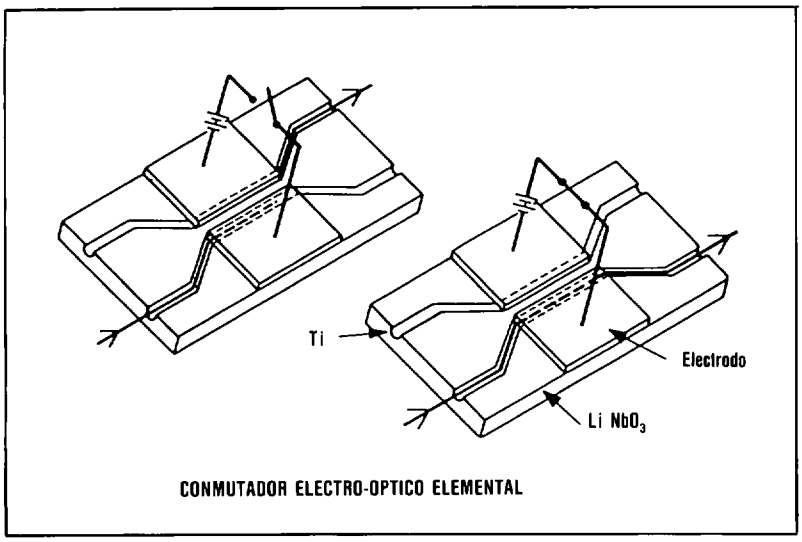


Fig. 14. Conmutador electroóptico en niobato de litio.

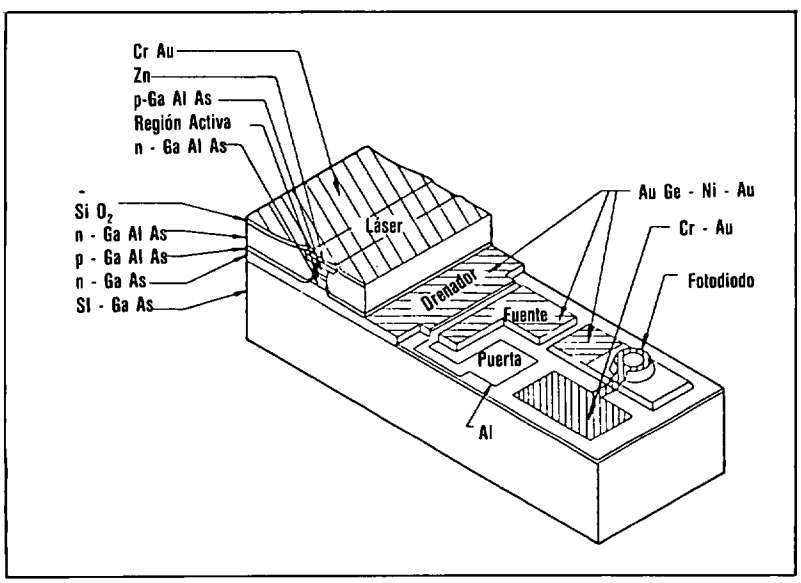


Fig. 15. Receptor monolítico totalmente integardo, disponible comercialmente.

LOS SISTEMAS

LOS sistemas típicos son los llamados de detección directa, cuyo esquema está representado en la figura 7, en los cuales el detector genera una corriente proporcional a la amplitud del impulso recibido. Utilizando fibras multimodo es posible la transmisión sobre distancias cortas de velocidades hasta 140 $Mbits^{-1}$. El uso de fibras monomodo, a 1,3 ó 1,55 μm, permite usar la misma velocidad, o aumentarla hasta valores de 560 $Mbits^{-1}$, y aún más altas, sobre distancias del orden de 100 a 200 Km. En la

mayoría de los casos la modulación del emisor se realiza directamente, modulando en todo o nada su corriente, pero es preferible realizar una modulación exterior, utilizando un modulador en niobato de litio.

Existe una clara tendencia a construir en fibra óptica, no sólo las líneas de transmisión a grandes distancias, sino también las redes de abonados, posibilitando la realización de una red de servicios integrados (RDSI), que en un principio será de banda estrecha, con una evolución cierta hacia la banda ancha multiservicios, en los que tendrán cabida, no sólo la telefonía y la transmisión de datos, sino el videoteléfono, la TV de alta definición, la teleconferencia, así como los sistemas de medida y alarma a distancia.

En estos casos parece que el interés se centrará en los sistemas coherentes, cuyo esquema de principio se indica en la figura 16. Estos sistemas[9], actualmente en fase de investigación avanzada, necesitan un mayor aporte tecnológico en el campo de las fibras, óptica integrada y emisores. Existen diferentes modalidades (homodino y heterodino—) y tipos de modulación. La figura 12 muestra la potencia óptica necesaria en emisión y recepción, en función de la velocidad binaria, para diferentes sistemas. En ella se señalan algunos de los límites actuales de las fibras, ya indicados anteriormente, y las posibilidades de más altas potencias de los emisores, así como las mayores sensibilidades de los receptores coherentes. De los sistemas actuales no coherentes, que poseen una dinámica de unos 50 dB a 140 $Mbits^{-1}$, será posible pasar a dinámicas de 90 dB si se usan los límites de la detección coherentes con emisores más potentes, aumentando la velocidad hasta valores de 2,4 $Gbits^{-1}$.

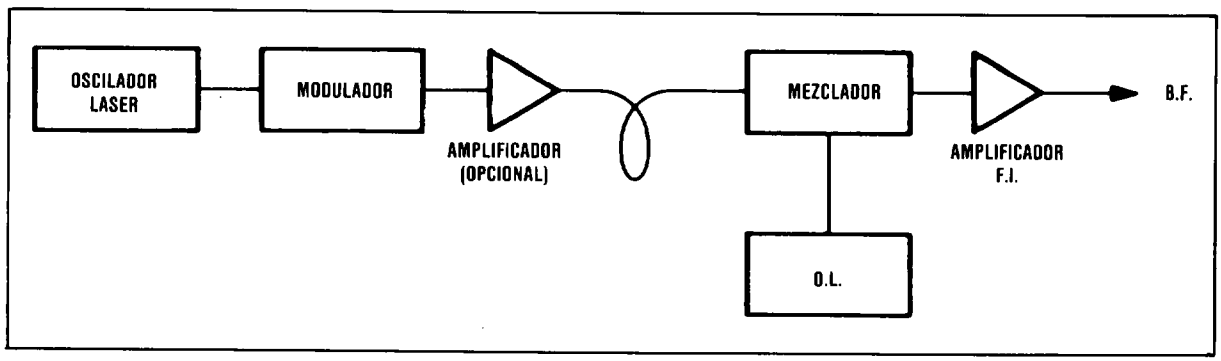


Fig. 16. Esquema de principio de un sistema coherente.

Parece clara, de cara al futuro, la disminución del mercado de los cables coaxiales y de las fibras multimodo, que sólo tendrán aplicaciones limitadas. La fibra monomodo, en sistemas de detección directa o coherente, y con anchuras de banda cada vez mayores, ocuparán la mayor parte del mercado, entrando en la red de abonado.

Los sistemas espaciales

Si consideramos un medio de transmisión sin fibra, y dada la atenuación atmosférica, sólo los sistemas de C.O. entre satélites parecen viables, dadas las grandes ventajas de anchura de banda y estrechez del haz.

Desde este punto de vista, y a pesar de los problemas propios del seguimiento, los sistemas a 1 μm son más interesantes, puesto que permiten menores dimensiones, tanto de la antena como de los sistemas, así como haces más estrechos (fig. 17). Por razones tecnológicas, tanto la NASA como la ESA están avanzando en sistemas de detección directa a 0,8 μm[14], donde se obtienen ya diodos con potencias del orden de los 100 mW o superiores, así como en sistemas coherentes a 10 μm, donde la tecnología está muy avanzada y las potencias son de varios W. Sin embargo, existe un interés creciente por los sistemas coherentes en las proximidades de 1 μm, y el desarrollo futuro de tales sistemas con fibras tendrá una gran incidencia sobre las comunicaciones entre satélites, en las que los problemas de no linealidades en la fibra son inexistentes. La figura 18 muestra el esquema de base de un receptor espacial coherente.

Otras aplicaciones

Hemos considerado hasta ahora como aplicaciones fundamentales aquellas que caen dentro del campo de las telecomunicaciones, aunque en la figura 6, se indican algunas otras.

Por su gran capacidad de resistencia en ambientes adversos (humedad, temperatura, agentes químicos, inmunidad a las perturbaciones eléctricas o magnéticas, incluidas las perturbaciones producidas por explosiones nucleares) las fibras ópticas están muy indicadas en aplicaciones militares o industriales, donde tales casos se presentan. Así, hay una tendencia, cada día en aumento, a realizar todas las comunicaciones en el interior de un barco o aeronave con fibras ópticas, lo que da lugar a ventajas de seguridad en la transmisión, pequeño tamaño y peso, etc[15].

El telemando de armas guiadas, radar remoto, giróscopos, etc., son campos de aplicación actual de la fibra óptica.

La optoelectrónica ha desbordado el campo de las comunicaciones ópticas para aplicarse en otro tipo de usos industriales, tales como los sensores, que hasta ahora estaban basados en transductores de tipo eléctrico.

El uso de fibras ópticas como sensores, convirtiendo magnitudes físicas en magnitudes ópticas no podrá más que desarrollarse cada día más. Así, aparecen hidrófonos, para la medida de variaciones de presión, taquímetros, captores de proximidad, termómetros, captores de tensión, vibraciones y corrientes eléctricas, magnetómetros, moduladores de flujo, etc. En tales aplicaciones es ventajosa la ausencia de partes móviles, aumentando la robustez y fiabilidad, y la ausencia de partes metálicas.

La utilización de fibras ópticas en el cableado de empresas y fábricas permitirá, igualmente, mejorar los sistemas y procesos industriales. Actualmente se realizan experiencias en centros de distribución de energía eléctrica[15].

Con objeto de dar unidad a esta breve exposición, no hemos señalado algunas aplicaciones militares específicas, tales como los telémetros láser, los sistemas de detección IR, activos o pasivos, etc., que utilizan fundamentalmente la banda de los 4 y de los 10 μm. Tampoco se ha señalado la utilización de láseres emi-

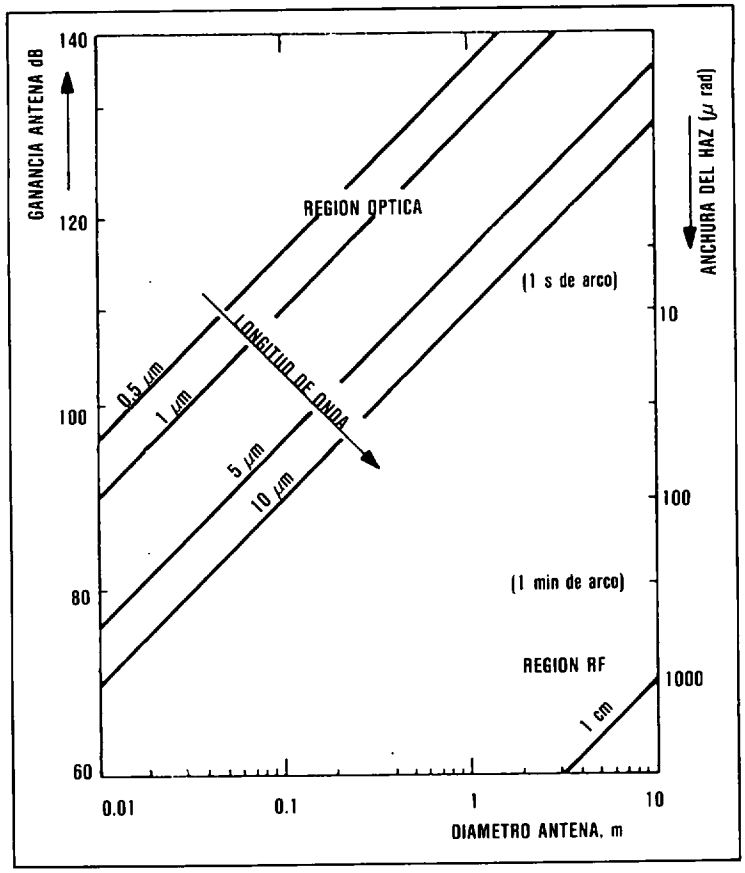


Fig. 17. Comunicaciones ópticas espaciales. Ganancia de la antena y anchura del haz en función del diámetro de la antena, para diferentes longitudes de onda.

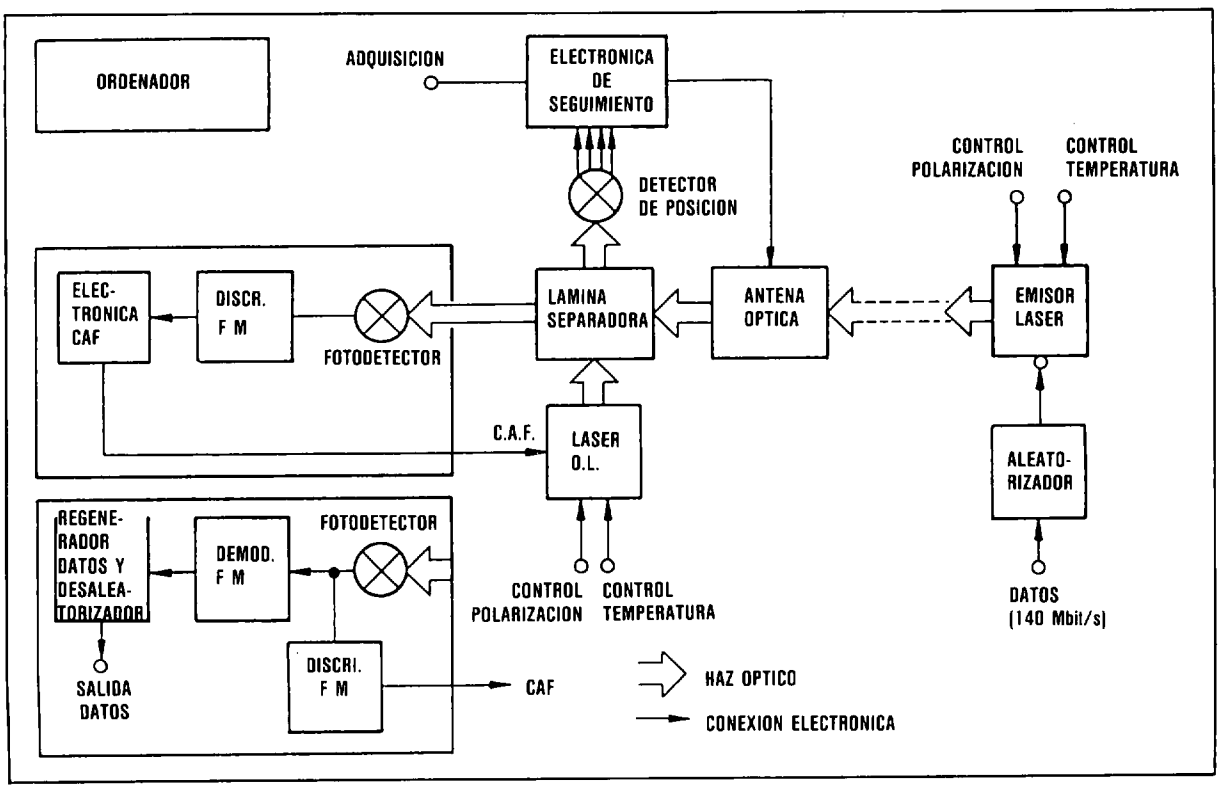


Fig. 18. Esquema básico de un receptor espacial coherente actualmente investigado por ESA.

tiendo en el verde para comunicaciones submarinas, por esta frecuencia la menos atenuada por el agua marina. Un estudio detallado de estos aspectos es realizado en la referencia 16.

CONCLUSION

HEMOS visto el desarrollo presente y futuro de dispositivos y sistemas que marcan las tendencias de la Optoelectrónica y de las Comunicaciones Opticas de los años venideros.

En resumen podemos decir que la tendencia ha sido un cambio de la fibra multimodo a la monomodo, y dentro de las longitudes de onda, de las más bajas (0,8 μm) a las más altas, 1,3 μm y 1,55 μm lo que permite obtener menos atenuación y mayor velocidad binaria. Para un futuro más lejano se perfila una tendencia hacia longitudes de onda más altas, en el IR medio. Es difícil predecir hoy cuál de los materiales IR y qué longitud de onda será utilizada. Tal decisión será función de las investigaciones en curso.

SISTEMAS DE TRANSMISION DIGITAL			
VELOCIDAD BINARIA (Mbtis^{-1})	NUMERO DE CANAL		
	TELEFONICOS	TELEVISION	CONFERENCIA T.V. (videoconf. 2 Mbits^{-1})
2.048	30		1
8.448	120		4
34.368	480	1	16
139.364	1920	4	64
565.0	7680	16	256
2200.0	30720	64	1024

Fig. 19. Número de canales audio y video posibles (RDSI) en función de la velocidad binaria utilizada.

En cuanto a los sistemas, es un hecho la tendencia a pasar de sistemas incoherentes, o de detección directa, a sistemas coherentes o heterodinos. Sus múltiples ventajas ya han sido señaladas. Su desarrollo será función de las investigaciones en curso sobre fibras, dispositivos y sistemas. Todo ello permitirá aumentar la velocidad binaria, la distancia entre vanos de repetición y las potencias mínimas de detección. Sólo el aumento de las necesidades en cuanto a servicios de banda ancha, como los requeridos por los sistemas vídeo dentro de una futura RDSI, hará necesario el uso en gran escala de sistemas coherentes, lo cual parece previsible para los próximos 10-20 años. La figura 19 muestra el número de canales audio y vídeo posibles en la RDSI, en función de la velocidad binaria.

La óptica integrada, aún de forma incipiente, forma parte ya de los sistemas de comunicaciones ópticas. Su uso no hará sino incrementarse hasta llegar a la integración total de dispositivos activos y pasivos.

Teniendo en cuenta el aumento de las potencias de emisión de los láseres, parece posible el uso de los sistemas ópticos para comunicaciones entre satélites, así como aumentar las distancias en comunicaciones terrenas, la velocidad de transmisión y la banda. El problema será más bien económico que técnico, y basado fundamentalmente en las necesidades, hoy impredecibles, de comunicaciones para las próximas décadas.

Por último, un campo nuevo ha quedado abierto, desbordando el propio de las telecomunicaciones ópticas. Se trata de las múltiples aplicaciones que la fibra y la optoelectrónica van a tener en otros muchos dominios, sobre todo industriales, y fundamentalmente como sensores. Por no citar más que algunos, los giróscopos a láser primero y posteriormente a fibra están ya en el mercado y los ordenadores "todo ópticos" han comenzado a dejar de ser una mera elucubración.

Si los últimos 50 años han sido los años de la electrónica, los venideros serán los años de la fotónica, cambiando el electrón por el fotón como medio de transmisión. ■

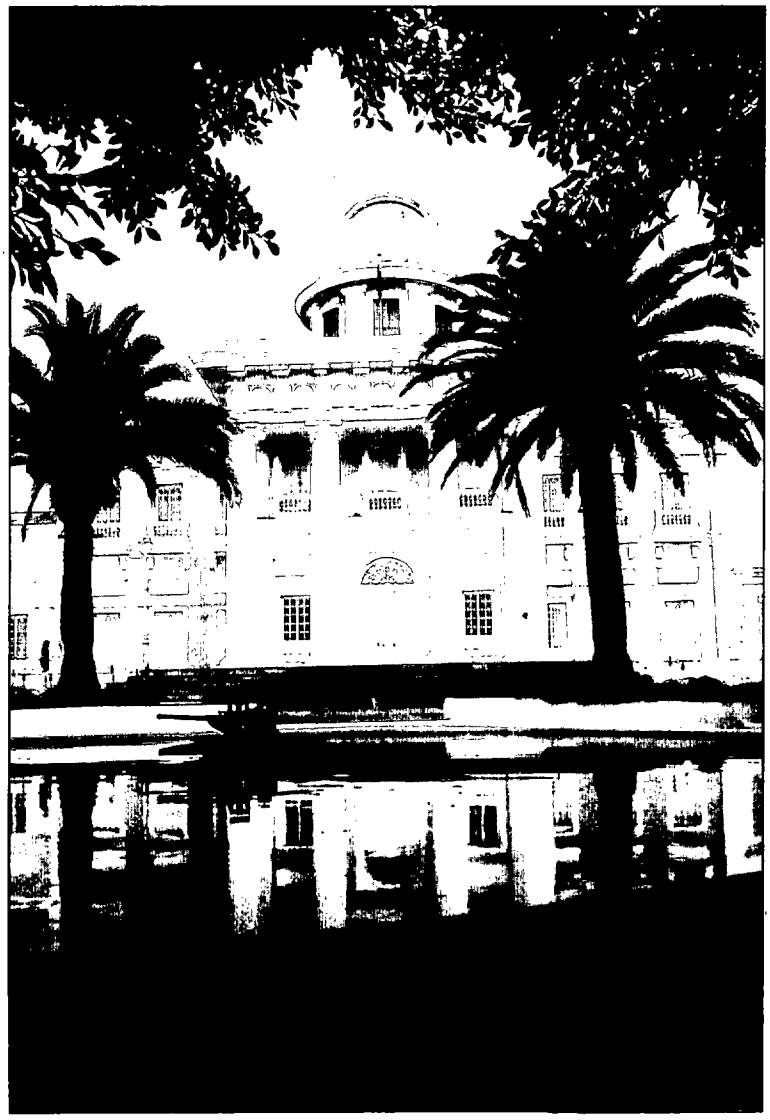
1. T.H. MAIMAN. "Stimulated optical radiation in ruby". Nature, N.° 187, 1960, pp. 493-494.
2. K.C. KAO y G.A. HOCKMAN. "Dielectric fibersurface waveguides for optical frequencies", Proc IEEE, 113, 1966, 1151-1158.
3. F.P. KAPRON, D.B. KECK y R.D. MAURER. "Radiation losses in glass optical waveguides", Appl. Phys. Lett., 17, 1970, 423-425.
4. D.B. KECK, R.D. MAURER y P.C. SCHULTZ. "On the ultimate lower limit of attenuation in glass optical waveguides", Ibid, 22, 1973, 307-309.
5. I. HAYASHI, MB.B, PANISH, P.W. FOY y S. SUMSKI. "Junction lasers with operated continously at room temperature", Ibid, 17, 1970, 109-111.
6. C.A. BURRUS y R.W. DAWSON. "Small-area high-current-density GaAs electroluminiscent diodes and a method of operation for improved degradation characteristics", Ibid, 17, 1970, 97-99.
7. R. DIAZ DE LA IGLESIA. "Comunicaciones por fibra óptica. Manual de Ingeniería". Marcombo Boixareu Ed., Barcelona 1985.
8. J.J. JIMENEZ LIDON. "Fotónica y Comunicaciones ópticas" en "Nuevas tendencias en láseres y aplicaciones". Editor J.M. Orza. Editado por C.S.I.C., Madrid 1986.
9. J.J. JIMENEZ LIDON. "Comunicaciones Opticas Coherentes". Mundo Electrónico, N.° 166 octubre 1986, 117-124.
10. G. JUNYENT GIRALT. "Ruido y amplificción en comunicaciones ópticas". Mundo Electrónico, N.° 165 septiembre 1986, 55-63.
11. T. MIYASHITA y T. MANABE. "Infrared optical fibers", IEEE Jour Quant. Electr., QE-18, 1982, 1432-1450.
12. J.E. MIDWINTER. "Optical fiber communications, present and future", Proc. R. Soc. Lond., A 392, 1984, 247-277.
13. R.G. HUNSPERGER. "Integrated Optics: Theory and Technology". Editor Springer-Verlag, Berlín, 1984.
14. M. LAMELA RIVERA y J.J. JIMENEZ LIDON. "Comunicaciones ópticas entre satélites por medio de láseres de semiconductores". Actas URSI (VI Reunión Comisión B). Cuencia, 26-28 septiembre, 1988, Vol. I, 145-145f.
15. J.J. JIMENEZ LIDON. "Perspectivas actuales de la Optoelectrónica y de las Comunicaciones Opticas" en "Nuevas Tendencias en Optoelectrónica y Comunicación Optica". Editores J.M. Abella Martín, J.J. Jiménez Lidón y J.M. Martinez Duart. Editado por CSIC, Madrid 1988.
16. J.J. JIMENEZ LIDON. "Aplicaciones militares de infrarrojo". Mundo Electrónico, N.° 147, Enero 1985, 55-61.
17. --- "Transmisión optique à 2,60 μm et 140 Mbit/s sur fibre monomode en verre fluoré "Innovation Telecom (CNET), N.° 59, abril 1989, 2

La Telemetría Láser en el Real Instituto y Observatorio de la Armada

RAFAEL BOLOIX CARLOS-ROCA,
Capitán de Corbeta

RAFAEL BOLOIX CARLOS-ROCA

CAPITAN de Corbeta del Cuerpo General de la Armada. Subdirector del Real Instituto y Observatorio de la Armada. Jefe de la Sección de Hora. Jefe de la Sección de Geofísica. Diplomado en Estudios Superiores en Astronomía y Geofísica. Titulado en Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemática. Especialista en Artillería y Tiro Naval. Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Barcelona.



Edificio principal del Real Instituto y Observatorio de la Armada. En la cúpula, el láser.

CUANDO el 4 de octubre de 1957, el SPUTNIK I, primer satélite artificial circundaba la tierra, asombrando y sorprendiendo a todo el mundo, se abrió una nueva etapa: la era espacial, con todo un sin fin de sueños, ilusiones, esperanzas y misterios que conlleva la apertura de una puerta que conduce a zonas de existencia conocida pero nunca, hasta ahora, alcanzadas, salvo por la imaginación.

De todos son conocidos los grandes esfuerzos económicos y tecnológicos empeñados en el afán de ser los dueños de este nuevo espacio en el que sin lugar a dudas tenía, como factor prioritario, el campo estrictamente militar y de prestigio, dentro del contexto de la guerra fría. Todo ello dio como fruto el rápido desarrollo de cohetes cada vez más potentes con capacidad de impulsar y poner en órbitas cargas más pesadas y aumentando de forma muy rápida el número de ingenios en órbita.

Paralelamente fue necesario un estudio profundo de las condiciones de navegabilidad de estos mares, conocer cómo y por qué los satélites se desviaban de las órbitas previamente programadas, y cómo programar de forma correcta la trayectoria total del satélite, incluido el punto de entrada.

Desde el primer lanzamiento hasta los actuales vuelos, que a nadie asombran ya, han pasado 31 años; años de intenso trabajo e investigación en los que no ha estado ajeno a ellos, el Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando (ROA).

En el mes de marzo de 1958, es decir seis meses después del histórico vuelo del SPUTNIK I, tras un acuerdo de cooperación con la Smithsonian Institution de Estados Unidos, entró en funcionamiento en el ROA una cámara fotográfica Baker-Nunn para efectuar observaciones de satélites artificiales, utilizando como referencia el fondo de estrellas; dicha cámara formaba parte de un conjunto de doce instaladas en todo el mundo. La primera observación con éxito se efectuó sobre el satélite SPUTNIK III en junio de 1958.

Durante los años siguientes se continuó con pleno éxito en la actividad de seguimiento y determinación de las posiciones de los diferentes satélites mediante las técnicas fotográficas.

En el año 1968, se inicia en el Real Instituto y Observatorio de la Armada, una nueva etapa en la geodesia espacial tras un Acuerdo de cooperación con el Centre National d'Estudes Spatiales (CNES), para la triangulación geodésica espacial mediante la observación de satélites artificiales con ayuda de telemetría LASER. Para ello se instaló en las proximidades de la Cámara Baker-Nunn un láser de 1 julio, y 27 ns de ancho de pulso, que permitía un alcance de 3.500 Km. y 1,5 m. de precisión en la medida con el que ya se efectuó la primera observación el día 16 de abril del citado año 1968.

Torreta láser del Observatorio del Real Instituto y Observatorio de la Armada.

Entre las diversas campañas científicas desarrolladas en este ROA, con la participación conjunta de la Cámara Baker-Nunn y la estación telemétrica láser, cabe destacar:

— Campaña ISAGEX, (International Satellite Geodesic Experiment) promovida y coordinada por el CNES con la participación de 16 países, desarrollada a lo largo del año 1971, tenía como objetivo la recopilación de observaciones fotográficas y láser de satélites homogéneos y bien distribuidos espacialmente para Geodesia Geométrica y Dinámica, como primer paso hacia el estudio de la Tierra como cuerpo elástico. Esta campaña, desarrollada de enero a agosto dio como resultado la obtención de 745 observaciones fotográficas y láser sobre diversos satélites.

— Campaña EPSOP. Promovida, organizada y coordinada por el SAO, para la determinación del movimiento del polo y otros parámetros geofísicos, con un conjunto de 586 observaciones sobre satélites a lo largo de 1971, se continuó durante los años 1972 y 1973.

La importancia de esta campaña queda de manifiesto señalando que sólo en el año 1972 se efectuaron 2.868 observaciones de satélites de las cuales 606 correspondieron a satélites provistos de retroreflectores

para la observación láser y de ellas se efectuaron 59 observaciones simultáneas con la estación de Grecia, 4 observaciones simultáneas con la de Brasil y una con la instalada en la India.

Como se puede deducir esta campaña exigió una profunda actividad y coordinación entre la estación de satélites (Cámara Baker-Nunn), estación láser y Sección de Hora del ROA.

— Campaña EOPAP. Desarrollada a lo largo de los años 1973 a 1979 en la que participan activamente la Cámara Baker-Nunn, Láser y Hora, encaminada al estudio de la dinámica de la tierra sólida y de los océanos así como a la determinación de un modelo de tierra que permita predecir terremotos, y que dieron como fruto el desarrollo de los modelos de Tierras Standard I, II y III.

En el mes de mayo de 1979, al finalizar la campaña EOPAP, finaliza la actividad de la Cámara Baker-Nunn, pionera en el campo de la observación y seguimiento de satélites con fines eminentemente científicos, que durante 21 años ha participado intensamente en todos los trabajos relacionados con la geodesia espacial.

Cámara Baker NUPN.

Desde aquella fecha hasta finales de 1988 ha permanecido operativa pero sin ser utilizada dado que las técnicas láser y Doppler han superado ampliamente las técnicas fotográficas, y finalmente, se ha instalado en el museo del ROA en un lugar destacado como le corresponde a un equipo de estas características, que de por sí constituye ya historia.

Desde el mes de mayo de 1979, hasta la fecha la actividad en este Observatorio sobre la geodesia espacial se ha centrado fundamentalmente en las técnicas Láser y Doppler, para ello se instaló en la cúpula del edificio principal del ROA, la estación de telemetría láser de alta potencia, inicialmente constituida por un láser de Rubí de 3 julios y se inició un programa de Investigación y Desarrollo que bajo la denominación de "Estación de Telemetría Láser Segunda Generación" ha desembocado en la actual estación.

DATOS TECNICOS DE LA CAMARA BAKER-NUNN

Montura - Triaxial - (azimut, altura, seguimiento).

Seguimiento - Motor síncrono 1/6 Hp 1800 rpm. Velocidad variable.

Obturador óptico - mecánico de hojas y cuchilla.

Exposición - 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 y 3.2 Segundos.

DIMENSIONES DE LA CAMARA

Altura - 266,7 cm.
Ancho E-W - 272,4 cm.
Ancho N-S - 160 cm.

PESO

2.610,4 Kg.

ESPECIFICACIONES OPTICAS

— Relación focal - F/1.0
— Apertura - 49,4 cm.
— Campo de visión - 30° × 5°
— Escala de placa - 406 seg. arco/1 mm.
— Magnitud límite - 15 en exposición de 10 seg.

DESCRIPCION DE LA ESTACION

PARA un mejor entendimiento de esta descripción conviene, ante todo, no perder de vista cuál es el objetivo de la estación y cómo es su funcionamiento en forma simplificada.

El objetivo de la estación es la medida, con precisión subdecimétrica, de la distancia Estación-Satélite. En principio esta medida se efectúa de la misma manera que lo hace un rádar, medida de intervalo de tiempo que tarda el impulso emitido desde la estación en recorrer el camino de ida y vuelta hasta el blanco, la diferencia estriba en que la frecuencia utilizada es la frecuencia óptica de la luz emitida por el láser y la dificultad principal, se centra, en el hecho de que la precisión exigida es de algunos centímetros sobre una medida que puede estar comprendida entre los 1.000 y los 10.000 Km. en el caso de los satélites geodésicos y que en algunos casos particulares, como en la actualidad en el proyecto LASSO de sincronización horaria mediante satélites, este se trata de un satélite geoestacionario, en concreto el METEOSAT P-2, que dista de la estación aproximadamente 42.000 Km.

La estación telemétrica láser del ROA podemos considerarla constituida por cuatro partes fundamentales:

— Torreta de Seguimiento.
— Electrónica de mando y control.
— Informática.
— Láser de Yag-Nd.

TORRETA DE SEGUIMIENTO

CONSTITUYE el conjunto mecánica y optrónica de direccionamiento del haz láser y recepción de la señal eco procedente del blanco.

Consta del conjunto de motores y servos para el posicionamiento en azimut y altura de la Afocal de salida del haz láser, el anteojo y cámara de TV para el seguimiento visual de satélites y el Telescopio de recepción del eco, así como el obturador, filtro interferencial y fotomultiplicador.

Sobre la torreta van montados dos espejos que direccionan el haz luminoso procedente del láser hasta la afocal de salida. Uno de ellos en unión de un tercer espejo situado en la base de la torreta, pero en su parte

Electrónica asociada de control del láser.

Instalación del láser en banco óptico.

fija, determinan el eje de rotación en azimut del instrumento, y los dos de la torreta determinan, a su vez, el eje de rotación en elevación o altura.

La precisión requerida en el movimiento se alcanza mediante el adecuado control de los servos con ayuda de los codificadores ópticos de posicionamiento y el programa de seguimiento suministrado por el ordenador.

ESTACION LASER
CARACTERISTICAS TECNICAS

Láser:
Tipo: YAG 402 ND^{3+}
Energía: a 1064 nm. 120 mJ
a 532 nm 50 mJ
Emisión: TEM_{00}
Dirección del pulso: 100/200 ps
Cadencia del disparo: 1-5-10 Hz.
Diámetro del haz a la salida: 9 mm.
Energía de salida: 100 mJ a 532 nm.
Optica de salida: afocal de 15 cm. de apertura.

RECEPCION
Telescopio Cassegrain de 60 cm. de diámetro.
Fotomultiplicador XP2233B
Filtro interferencial. Centrado en 532 nm y ancho de banda 0,5 nm.
Precisión en la medida + 10 cm.

ELECTRONICA DE MANDO Y CONTROL

ES el conjunto que hace que el funcionamiento de la estación sea el adecuado para el fin que se persigue y ejecuta las órdenes previstas en cada momento.

Cuando coincide la hora del reloj con la prevista para el comienzo del seguimiento se dispara el láser y comienza la secuencia de la medida. Una puerta electrónica evita que luces externas (ruidos) envíen falsos pulsos al fotomultiplicador abriéndose únicamente en un pequeño intervalo alrededor del momento esperado del eco según la predicción. Existe, además, un obturador que se abre y cierra en los instantes previstos.

Efectúa el seguimiento continuo del satélite mediante un proceso matemático de interpolación instantánea.

INFORMATICA

EL sistema informático está soportado por un ordenador DIGITAL PDP-11/237 con una capacidad de memoria de 1 MB.

A partir de los elementos orbitales de cada uno de los satélites, suministrados por el centro Goddard de Maryland, se efectúa el cálculo de las efemérides de cada uno de los satélites, mediante los oportunos programas de cálculo desarrollados en el ROA. El programa de seguimiento, igualmente desarrollado en la estación láser, a partir de las efemérides calculadas, envía órdenes de posicionamiento a la torreta y abastece de datos a la tarjeta de seguimiento continuo, así como suministra la distancia prevista a los circuitos de apertura y cierre de las puertas de ecos. Finalmente los ecos obtenidos se almacenan en los ficheros creados a tal fin, para su posterior estudio y análisis.

EL LASER DE YAG-ND

EL proyecto de Investigación "Estación de Telemetría Láser. Segunda Generación" ha dado lugar a la implementación en la actualidad de un láser de Yag-Nd de 100 milijulios de energía con un ancho de pulso de 100 picosegundos y una frecuencia de repetición de 5 disparos por segundo. Dicho láser está compuesto por un oscilador y dos amplificadores uno de doble paso y el otro de un solo paso.

El oscilador dotado de un sistema acusto-óptico de disparo emite en el infrarrojo con una longitud de onda de 1064 nm.

Es un láser monopulso cuya primera amplificación se verifica tras atravesar un prisma de Glan, una vez efectuada esta primera amplificación, el haz efectúa un recorrido en el que efectúa una segunda amplificación, y una polarización de 180 grados, sufriendo seguidamente una tercera amplificación y, finalmente, atraviesa un cristal doblador de frecuencia por lo que la señal final se encuentra situada en el verde con una longitud de onda de 532 nm.

El sistema utiliza una refrigeración por circuito cerrado de agua destilada para proceder a enfriar tanto el elemento oscilador como los elementos amplificadores.

En la actualidad se está operando sobre tres satélites geodésicos, AJISAI, STARLETTE y LAGEOS situados en órbitas entre los 1000 y 6000 Km. en su punto más próximo e iniciando los trabajos conducentes a la sincronización horaria mediante el empleo de satélites (Proyecto Lasso).

El camino recorrido hasta ahora en el campo de la Geodesia Espacial ha sido largo y difícil como en todas aquellas actividades de la vida en la que se está abriendo paso en avanzadilla, pero al mismo tiempo ha sido rico en resultados y lo que es aun más importante: esperanzador, pues se ha llegado en la actualidad a una cota que ofrece una vista espléndida del futuro trabajo científico que se nos presenta. ■

Holografía

JAVIER SANTAMARIA SALAZAR,
Doctor en Ciencias Físicas

JAVIER SANTAMARIA SALAZAR

JAVIER Santamaría Salazar, es Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza, Especialidad de Optica (1973). Es investigador en excedencia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Instituto de Optica), donde ha trabajado en áreas de formación, evaluación y procesado de imágenes por métodos ópticos y digitales, instrumentación y visión. Ha publicado del orden de cincuenta trabajos en las más prestigiosas revistas científicas internacionales y, desde comienzos de 1988, trabaja en Sener Ingeniería y Sistemas en desarrollo de sistemas Electro-ópticos para Defensa.

INTRODUCCION

EN un proceso convencional de formación de imágenes, la luz reflejada o emitida por un objeto se propaga por el espacio y entra en un instrumento óptico, que redistribuye la información configurando una imagen. Esta imagen se registra en o a través de un elemento fotosensible tan como una película fotográfica o un tubo de televisión que detectan la intensidad de la radiación incidente pero no son sensibles a la fase que, en ciertas condiciones, lleva la información del relieve del objeto. Denis Gabor propuso en 1948 lo que denominó el método de reconstrucción del frente de onda u holografía (que significa registro completo o total) que permitió registrar la onda emergente del objeto iluminado, con toda la información tanto de ampltiud como de fase para después reconstruirla. De esta manera, después de la reconstrucción se genera la misma onda que incidió sobre el plano de registro produciendo por tanto la misma sensación visual que hubiera producido la onda saliente del objeto, que puede ser así visualizado en tres dimensiones.

La holografía, que fue propuesta para su aplicación en microscopía electrónica, no tuvo éxito inicialmente y a pesar de la viabilidad del procedimiento con luz visible, no pudo manifestarse como la poderosa herramienta que es entre otras razones por la ausencia de una fuente coherente e intensa como es el láser. En los comienzos de los años sesenta, con el advenimiento del láser y los trabajos de Leith y Upatnieks de la Universidad de Michigan que extendieron y generalizaron la técnica inicial, se obtuvieron imágenes tridimensionales de calidad excepcional. Sin embargo, a pesar de que la popularidad de la holografía va ligada a la obtención de imágenes tridimensionales, su mayor potencialidad y eficacia se presenta en otras facetas de la ciencia y la tecnología. En lo que sigue, haremos una breve descripción de los conceptos y procedimientos de obtención de hologramas así como de las aplicaciones actuales de la holografía.

CONCEPTOS BASICOS

EL registro de un holograma es en definitiva un proceso de interferencia que no es sino el resultado de la suma, en ciertas condiciones, de dos ondas electromagnéticas. En cada instante el resultado de la suma o interferograma depende tanto de las intensidades de las dos ondas como de la diferencia entre las fases, que llevan la información del camino recorrido. Así pues el interferograma codifica las diferencias de fase en forma de máximos y mínimos de intensidad distribuidos localmente en función de la variación local de dichas fases. Sin embargo para que esta codificación tenga lugar es necesario que la radiación y la geometría del proceso cumplan una serie de condiciones. Así las dos ondas a interferir deben ser coherentes, es decir, deben provenir de la misma fuente luminosa para que exista una relación constante entre las fases; la fuente debe ser de muy pequeñas dimensiones (coherencia espacial) y la emisión debe ser monocromática (coherencia temporal). Si la fuente fuera de tamaño extenso cada punto de la fuente generaría un interferograma desplazado dando como resultado una distribución promedio tanto más uniforme cuanto más extensa sea la fuente, perdiéndose, o difuminándose cuando menos, la información de las fases. Algo análogo ocurre con la coherencia temporal: las diferencias de fase y por tanto el interferograma depende también de la longitud de onda de la luz, o en términos coloquiales del color de la luz. Así si la fuente emitiera o se filtrara más de un color o longitud de onda o frecuencia se obtendría un interferograma diferente para cada longitud de onda perdiéndose el efecto.

Las fuentes luminosas convencionales son siempre extensas y es necesario seleccionar un área muy pequeña (del orden de unidades o decenas de micrómetros) para cumplir los requisitos de coherencia espacial. La coherencia temporal puede obtenerse con lámparas espectrales o con filtros interferenciales de paso muy estrecho. Ambos requisitos se obtienen pues a costa de perder energía luminosa lo que dificulta la obtención de hologramas. El láser proporciona a la holografía una fuente coherente (temporal y espacialmente) de gran intensidad y de cómodo manejo.

PROCEDIMIENTO DE REGISTRO DE UN HOLOGRAMA

LA figura 1 muestra una de las configuraciones típicas para la realización de un registro holográfico. Un láser emite un haz paralelo de pequeño diámetro (≈ 1 mm.) por lo que para iluminar un objeto es necesario expandirlo hasta el diámetro deseado mediante un telescopio invertido. (El láser y el telescopio no se muestran en la figura). El haz, una vez expandido (puede ser paralelo, convergente o divergente), incide sobre una lámina de vidrio óptico plano-paralela con un recubrimiento parcialmente reflectante que transmite una parte de la energía y refleja el resto. Se obtienen así dos ondas coherentes, que también se puede formar seleccionando dos zonas diferentes de la onda incidente inicial. Una de las ondas, la onda de referencia, incide directamente sobre el plano de registro y la otra, la onda objeto, se hace incidir sobre la escena u objeto del que deseamos obtener el holograma. La luz reflejada por el objeto incide sobre el plano de registro donde se suma con la onda referencia, interfiriendo y produciendo una distribución de intensidades que en cada punto depende de las intensidades y de las fases o caminos ópticos de los dos haces. Eventualmente puede intercalarse entre el objeto y el plano de registro un vidrio deslustrado para uniformizar la iluminación y para eliminar sombras indeseadas. Asimismo es deseable igualar al máximo los recorridos de los dos haces con ayuda de espejos o prismas de desviación.

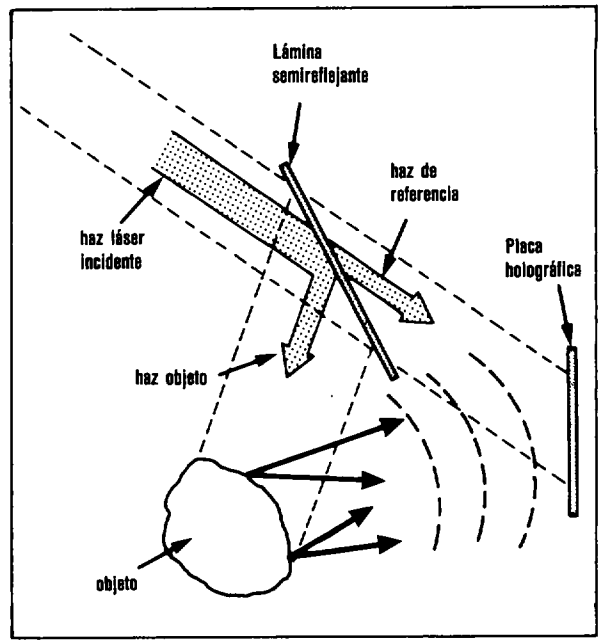


Figura 1. Configuración para el registro de un holograma.

Esta distribución de intensidades debe registrarse en un detector fotosensible para su posterior reconstrucción. Aunque para algunas aplicaciones específicas se pueden utilizar placas termoplásticas, la placa fotográfica es el sistema más usual pero debe tener la resolución suficiente para reproducir los cambios locales de intensidad, es decir la estructura del holograma que es tanto más fina cuanto mayor sea el ángulo entre los dos haces sobre el plano de la placa. En el caso más frecuente este ángulo es suficientemente grande como para que se necesiten placas de resoluciones muy altas (≈ 2000 líneas/mm), incluso para objetos de pequeñas dimensiones. En este sentido puede decirse que la resolución de la placa limita el tamaño del objeto a reproducir. Debe mencionarse que para evitar el emborronamiento de la estructura es necesario evitar todo tipo de vibraciones y que tanto la relación de intensidades entre los dos haces, la exposición y las condiciones de revelado son de gran importancia y deben ser cuidadosamente determinadas en función de cada experiencia particular y de las características de la emulsión fotográfica.

RECONSTRUCCION DE UN HOLOGRAMA

UNA vez registrado y revelado el holograma debe ser "leído" adecuadamente para reconstruir el objeto inicial. La configuración para lectura es análoga a la de registro y más sencilla. Se coloca el holograma en la misma posición en que fue obtenido y se ilumina con la misma onda de referencia o con su conjugada. La conjugación implica un cambio de signo en la fase de la onda de tal manera que una onda convergente se convierte en divergente y viceversa y una onda plana se convierte en su simétrica respecto al eje de referencia. Las variaciones locales de la transmitancia del holograma configuran una estructura muy fina que difracta la luz, análogamente a una red de difracción, y del holograma salen cuatro ondas propagándose en direcciones diferentes. Cada onda se corresponde con cada uno de los cuatro términos resultantes de la suma compleja de las dos ondas en la fase de registro.

En la figura 2 se muestran tres formas de lectura. En la primera a) se ilumina el holograma con la misma onda de referencia del registro. De las ondas emergentes, una de ellas es igual a la onda objeto incidente en el registro y propagándose de la misma manera; es como una continuación de la onda incidente, forma una imagen virtual y puede ser visualizada produciendo la misma sensación visual que el objeto mismo. Si el holograma se ilumina con la onda conjugada de la referencia b) se obtiene la conjugada de la onda objeto, que es una onda convergente que produce una imagen real; se puede registrar y visualizar, aunque con más dificultad y con la perspectiva invertida (imagen pseudoscópica). También puede iluminarse el holograma con una onda en dirección perpendicular al holograma c) con lo que se producen simultáneamente las dos ondas anteriores propagándose en la dirección de la onda de referencia y su simétrica.

Una particularidad del holograma es que cada punto de la placa recibe luz de todos los puntos del objeto por lo que cualquier pequeño trozo del holograma (por ejemplo en caso de rotura) permite visualizar el objeto entero aunque con menos luminosidad y menos resolución. Por esto mismo deterioros locales de la emulsión afectan poco a la calidad de la reconstrucción.

TIPOS DE HOLOGRAMA

LAS denominaciones de hologramas suelen hacerse en parte según las geometría de la configuración y en parte por aspectos conceptuales diferenciadores.

Holograma de Gabor. También llamado "en línea" o "alineado". Es la configuración inicialmente propuesta por Gabor. La onda de referencia y la onda objeto son coaxiales por lo que el objeto debe ser muy transparente. Este hecho, unido a que se obtienen siempre dos imágenes gemelas inseparables, limita mucho su aplicabilidad.

Holograma de Leith y Upatnieks. Utiliza onda de referencia extra-axial. La explicación previa se basa en este tipo de hologramas que es el generalmente más usual.

Holograma de Fresnel. Se denomina así al holograma en el que la radiación reflejada del objeto se propaga una distancia finita antes de llegar al plano de registro. Es el caso mostrado en la figura 1.

Holograma de Transformada de Fourier. En este caso el haz objeto se propaga hasta el infinito donde se encuentra el plano de registro. En el caso práctico el infinito es el plano focal de una lente o sistema óptico convergente. Este tipo se denomina así porque la distribución de amplitud objeto sobre el plano de registro corresponde a la transformada de Fourier del objeto. En la reconstrucción puede visualizarse el objeto con la ayuda de una lente convergente.

Holograma de imagen. Cuando en el registro se forma, con la ayuda de un sistema óptico, una imagen real sobre la placa holográfica, la reconstrucción produce una imagen sobre la propia placa. Tienen la ventaja fundamental de que pueden reconstruirse con fuentes convencionales incluso de luz blanca. Ello es debido a que las imágenes para todos los puntos de la fuente y para todos los colores están centradas sobre el holograma por lo que el emborronamiento causado por la falta de coherencia es mínimo. Sin embargo la dirección de propagación de la onda objeto varía con el color por lo que cuando se reconstruye con una lámpara de luz blanca se ve el objeto sobre la placa pero con colores diferentes desde ángulos diferentes.

Holograma de Fourier sin lente. La fuente de referencia es un punto emisor colocado en el mismo plano del objeto. Se demuestra que la onda reconstruida proporciona la Transformada de Fourier análogamente al de este nombre pero sin el uso de lentes.

Hologramas de fase. Los hologramas descritos hasta ahora difractan la luz en virtud de los cambios locales de transmitancia de la placa generados al registrar la interferencia de las ondas. La placa puede someterse a un proceso químico llamado de blanqueo que transforma las variaciones de transmitancia en variaciones de espesor y/o de indice de refracción de la placa que también difractan la luz en la reconstrucción. Con este proceso puede aumentarse selectivamente la eficiencia o aporte de energía de alguno de los haces difractados.

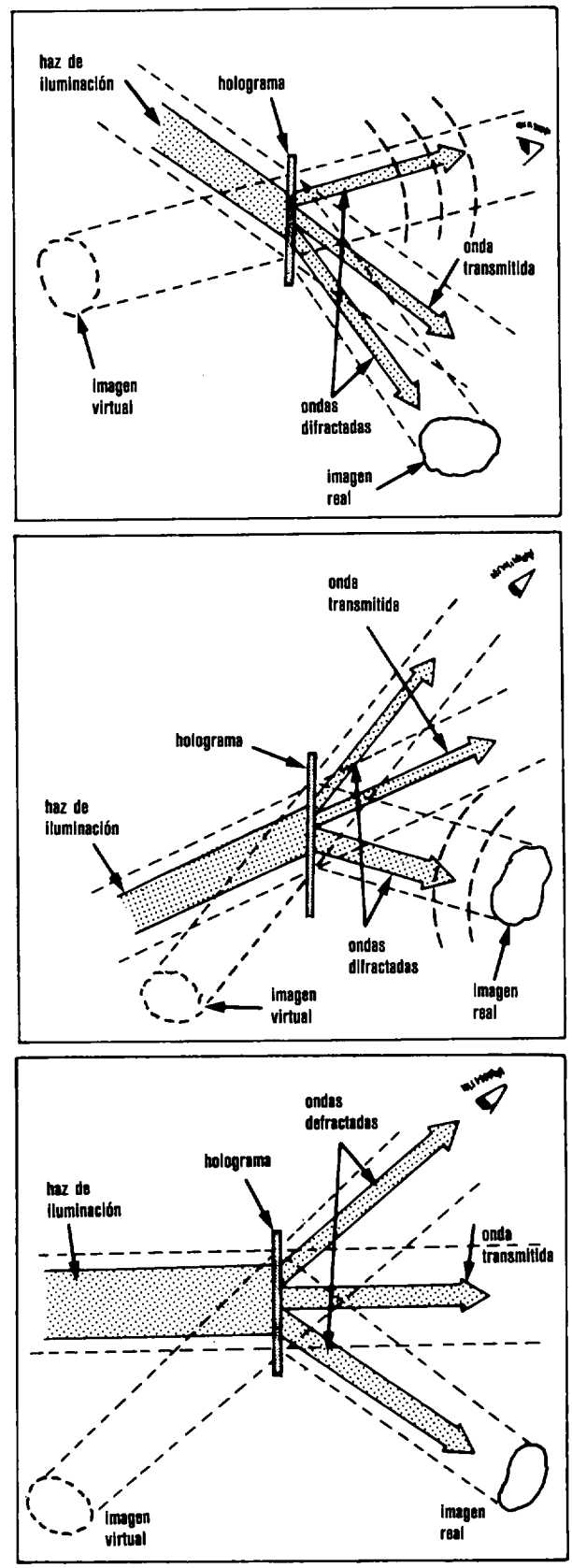


Figura 2. Reconstrucción de un holograma. a) Iluminando con la onda de referencia. b) Iluminando con la onda conjugada de la referencia. c) Iluminando con onda normal al holograma.

Holograma de volumen. En todo lo anteriormente dicho se ha supuesto que la interferencia y registro tiene lugar en un plano estricto, sin embargo la emulsión fotográfica tiene un cierto espesor (entre 5 y 20 μm) que en muchos casos no se puede ignorar. En definitiva en lugar de franjas de interferencia se producen láminas (puede usarse como símil las láminas de una persiana gradulux). Este tipo de holograma impone restricciones en la reconstrucción que sólo tiene lugar para ciertos ángulos llamados de Bragg.

Hologramas de reflexión. Es un caso particular del hologramama de volumen en el que la onda objeto y la onda de referencia inciden sobre la placa desde lados opuestos de ella. En la emulsión se forman láminas de plata, reflectantes, prácticamente paralelas a la superficie de la emulsión. Si se reconstruye con la misma onda de referencia se produce una onda objeto reflejada (es como una continuación de la onda objeto que incidió en el registro). Tiene la particularidad que sólo una longitud de onda o un color cumple las condiciones de difracción de la red interna de la emulsión por lo que el holograma puede iluminarse con luz blanca.

Hologramas en color. Pueden realizarse con emulsiones delgadas y con emulsiones de volumen. En el primer caso es necesario recurrir a máscaras sobre el holograma de forma que iluminando con diferentes colores, diferentes zonas de la emulsión registren hologramas del mismo objeto pero de distintos colores. La misma máscara debe utilizarse en la reconstrucción para asignar cada referencia color a su correspondiente zona de holograma. En el caso de emulsiones de volumen, colores diferentes generan redes diferentes en la emulsión de tal manera que si los ángulos de las ondas de referencia en la construcción y reconstrucción se eligen adecuadamente en función de la longitud de onda se obtienen imágenes tridimensionales en color pudiendo incluso iluminarse con luz blanca.

Hologramas de arco iris. Es un holograma de imagen, es decir generado proyectando una imagen del objeto sobre el plano del holograma, pero en este caso la imagen es a su vez una imagen holográfica. Es decir se construye un holograma de Fresnel por ejemplo, se reconstruye y sobre el plano de la imagen real se coloca una nueva placa fotográfica que se ilumina simultáneamente con una nueva referencia produciendo un nuevo holograma. Este holograma es un holograma de imagen del objeto por lo que se puede reconstruir con luz blanca proporcionando colores distintos para cada dirección distinta. Para evitar que en la visualización se mezclen los colores, como ocurriría en un holograma imagen convencinal, al registrar el holograma final se selecciona sólo una tira delgada del holograma inicial.

Holograma por computador. El resultado de la interferencia en un holograma puede en algunos casos calcularse en un ordenador. El resultado se presenta como un dibujo que es posteriormente reducido fotográficamente obteniéndose un holograma por computador que puede leerse con un láser. También puede calcularse, no la interferencia, sino simplemente la distribución de amplitudes y fases en un cierto plano de propagación de la onda emergente del objeto. Puesto que sólo puede dibujarse intensidades es necesario codificar la fase de alguna manera. Una forma, por ejemplo, es dividir el registro en pequeñas celdas, análogamente a un tramado de impresión gráfica, donde la intensidad se especifica por el tamaño del área negra y la fase por la posición del área negra dentro de la celda.

APLICACIONES DE LA HOLOGRAFIA

EL registro y visualización de imágenes tridimensionales constituye sin duda la aplicación más conocida de la holografía, por su interés social y comercial. Sin embargo existen multitud de aplicaciones de mayor incidencia en el desarrollo de la ciencia y de la tecnología. A continuación citaremos brevemente algunas de las aplicaciones más usuales o conocidas de la holografía.

Interferometría holográfica. Es la interferencia entre dos ondas, ambas provenientes del mismo objeto pero en dos estados diferentes, por ejemplo antes y después de un pequeño desplazamiento, deformación o vibración. Como resultado se obtiene una imagen del objeto sobre el que están superpuestas unas franjas que permiten obtener información cuantitativa del proceso sufrido. De las dos ondas objeto una la proporciona el holograma y la otra la puede venir bien del propio objeto iluminado por el mismo láser y colocado adecuadamente o bien del mismo holograma si se han registrado mediante exposición doble o múltiple los estados del objeto. Mediante esta técnica en sus múltiples variantes de puede medir con precisión mínimas deformaciones, desplazamientos, vibraciones, se pueden generar mapas topográficos, extraer diferencias entre dos imágenes, etc. La figura 3 muestra un ejemplo de holografía interferométrica, en el que se muestra las franjas generadas por la deformación de un vaso al llenarlo de agua. Asimismo la figura 4 muestra la vibración de la lámina de un auricular.

Microscopía. Puede obtenerse una imagen con aumento cambiando la curvatura de la onda de iluminación o aumentando la longitud de onda de la radiación de lectura. Se han obtenido hasta 100 aumentos y es de gran aplicación para la visualización de objetos transparentes. Por otro lado permite aumentar considerablemente la profundidad de foco con lo que pueden hacerse estudios sobre partículas móviles en un volumen tal como un aerosol.

Compensación de aberraciones y degradaciones en formación de imágenes. Si un holograma se ilumina con la onda objeto con que fue formado se obtiene como resultado la onda de referencia. Si en un proceso de formación de imágenes se hace un holograma de la onda producida por una fuente puntual afectada de aberraciones o distorsionada y después de revelado se coloca en la misma posición en que fue obtenido y se ilumina con la onda deformada se obtiene una onda plana sin aberraciones (la onda de referencia utilizada en el registro).

Figura 3. Interferograma holográfico de doble exposición. Vaso de plástico antes y después de llenarse de agua. Fotografía cedida por el Instituto de Optica. CSIC. J. Montilla y E. Sauras. Holografías: J. Santamaría.

Figura 4. Interferograma holográfico. Vibración de la lámina de un auricular. Fotografía cedida por el Instituto de Optica. CSIC. J. Montilla y P. Vilarroig. Holografía: J. Santamaría

Componentes ópticos holográficos. Un holograma de Gabor es en definitiva el holograma de un punto así si se ilumina un holograma de este tipo con una onda plana se obtiene una onda convergente que forma una imagen puntual. En este sentido el holograma se comporta igual que una lente pudiendo sustituir a éstas en muchas aplicaciones en que por ejemplo el peso es crítico.

Redes de difracción. La interferencia de dos ondas planas produce una red sinusoidal que en la lectura concentra la mayor parte de la energía en los primeros órdenes de difracción (ángulos de desviación menores). Si el holograma es de volumen puede concentrarse la energía en un cierto orden lo que hace que estas redes sean de especial utilidad en instrumentos espectroscópicos y en láseres sintonizables.

Deflectores de ángulo variable o barredores. Se pueden generar redes de frecuencia variable localmente. De esta manera se obtiene una desviación variable en función del punto o zona donde incida el haz de iluminación. Si las diferentes frecuencias de distribuyen a lo largo de un anillo circular, el giro del holograma produce una desviación variable periódica o barrido del haz difractado.

Filtros complejos para procesado de imágenes. Gran número de operaciones de procesado óptico de imágenes se basan en la manipulación de la transformada de Fourier de la imagen que es una función compleja con amplitud y fase. La capacidad del holograma de almacenar la información de fase permite construir filtros para la realización de múltiples operaciones con imágenes tales como mejora de imágenes reconocimiento de formas o caracteres, detección de señales, correlaciones, sustracción, multiplexado, codificado de imágenes, etc.

Almacenamiento de alta densidad. Es una microficha fotográfica cualquier partícula depositada o minúsculo deterioro implica cierta pérdida de información, sin embargo en una imagen holográfica esto sólo genera un ligero aumento de ruido de fondo en la imagen reconstruida lo que representa una ventaja importante para almacenar imágenes. Puede alcanzarse una capacidad de almacenamiento de hasta 2000 letras por milímetro cuadrado. Esta capacidad de almacenamiento hace que los hologramas se empleen para desarrollar discos holográficos y memorias ópticas en computadores.

En la actualidad se están desarrollando cristales ópticos fotorrefractivos en los que la interferencia de las dos ondas genera variaciones locales de índice de refracción, en tiempo real. Se pueden leer entonces en el mismo momento de registro (holografía en tiempo real) lo que permitirá el estudio dinámico de procesos ensanchando ampliamente los campos de aplicación. Debe mencionarse por último que el concepto y aplicaciones de la holografía no se restringe al caso de radiación electromagnética sino que se están desarrollando técnicas de holografía acústica de gran aplicación en medicina (exploración y evolución órganos internos) así como en la industria para ensayos no destructivos. ■

BIBLIOGRAFIA

— "Optical Holography". R.J. Collier, C.B. Burckhardt, L.W. Lin. Academic Press. New York. 1971.

— "Holografía". M. Françon. Ed. Paraninfo. Madrid. 1972.

— "Principles of Holography". John Wiley & Sons Inc. New York. 1975.

— "Holography and Coherent Optics". L.M. Soroko. Plenum Press. New York. 1980.

Utilización del láser en Medicina

CARLOS MORA JORDA,
Jefe del Servicio de Rehabilitación del Hospital del Aire

CARLOS MORA JORDA

NACIDO en Alcoy (Alicante) en 1957. Obtiene la Licenciatura con Grado en la Universidad Complutense de Madrid en 1982. Colaborador de la Revista de Reumatología Plástica y la Revista Rehabilitación. Miembro numerario de la Sociedad Española de Rehabilitación. Desde 1986 ejerce como Jefe del Servicio de Rehabilitación del Hospital del Aire en Madrid.

INTRODUCCION

DESDE la fabricación del primer láser por Theodor Maiman en 1960 (Laser Rubi a Impulsos), éste ha alcanzado una rápida notoriedad y popularidad debido a la gran variedad de aplicaciones, lo que le ha valido; en ocasiones, una consideración mágica, sobre todo, en cuanto a expectativas futuras.

Una de las indicaciones más importantes del láser se da en el campo de la medicina, donde se le reconoce un gran número de aplicaciones, que, fundamentalmente, se reunen en el efecto corte (bisturí) del láser de alta potencia y el bioestimulante del láser blando.

Los efectos del láser de alta potencia han sido bien comprendidos, simplificando algunas intervenciones, que, incluso, se pueden realizar ambulatoriamente, sin necesidad de hospitalización, presentando como únicas dificultades a su uso generalizado el volumen y precio de los aparatos, superior al del bisturí eléctrico. Por el contrario, se necesitan estudios que clarifiquen la acción y uso del láser blando, si bien, parece comprobado, que acelera los procesos fisiológicos.

Los láser de alta potencia (láser quirúrgico o Power-láser), con potencia superior a 1 W/cm^2, más empleados son los de neodimino (Yag-Nd) y gas carbónico (CO_2). En la detección y tratamiento de tumores se emplea el láser de colorantes por la acción sobre colorantes, con afinidad por ciertos tejidos, administrados a los pacientes.

Se llaman láser terapéuticos a los aplicados como agentes terapéutico físico, pudiendo ser de media potencia (Mid-láser) hasta 1 watio y de baja potencia o láser blando (Soft-láser) que sólo alcanzan potencias de miliwatios. Se emplean el láser de helio-neón (He-Ne) y el de semiconductores infrarrojo (IR).

La radiación láser puede utilizarse tal como es emitida o ser conducida con fibra óptica, pudiéndose utilizar lentes convergentes para concentrar su potencia en un punto (láser quirúrgico) o divergentes para dispersar el haz y permitir el tratamiento de una zona, asimismo se pueden utilizar espejos que al moverse permitan hacer tratamientos en "barrido" o scanning o actuar sobre varios puntos previamente programados.

Los efectos biológicos del láser dependen de la "absorción" de la energía que transporta por las células y tejidos, y su transformación. La absorción está estrechamente relacionada con la dosificación y ésta con los efectos que se pueden esperar de un tratamiento y su resultado clínico definitivo.

El porcentaje de absorción depende de varios factores:

— Características físicas de la irradiación. Normalmente la absorción aumenta con la disminución de longitud de onda, pero también disminuye la profundidad de alcance de las mismas, inversamente a como ocurre con la frecuencia.

— La estructura del tejido es un factor decisivo, cuanto mayor sea la densidad de la misma, más fuerte será la absorción, que llega a ser en la estructura ósea del 100%.

— El color. El láser, como luz que es, se absorbe preferentemente por el color contrario, los medios transparentes son atravesados por él con poca cesión de energía. En las personas de piel oscura se absorbe superficialmente, llegando menos en profundidad.

La absorción selectiva de la energía del láser por el agua y su transformación inmediata en calor, hace que ésta se vaporice instantáneamente, provocando la destrucción celular. Es el fundamento de su empleo como bisturí, así como de su efecto coagulador en las hemorragias.

En la zona de paso del haz se produce una dehiscencia lineal similar a la del bisturí pero con las siguientes ventajas:

— Su grosor es variable, dependiendo de la sección del haz del láser productor, pudiendo ser lo suficientemente fina como para ser utilizado en microcirugía.

— Actúa igualmente sobre gérmenes, destruyéndolos, por tanto la incisión es aséptica.

— El efecto térmico sobre los vasos pequeños próximos produce su coagulación en los extremos seccionados.

— En los bordes de la incisión, la intensidad del láser va disminuyendo conforme penetra en el tejido, teniendo un efecto bioestimulante que mejora la cicatrización.

Utilizando menor potencia el efecto predominante es la coagulación, tal como se emplea el láser de Argón en el desprendimiento de retina.

En los láser de media y baja intensidad no se produce efecto térmico sino que producen la liberación de sustancias vasodilatadoras, estimulando la circulación de la zona. Este efecto es, además, persistente durante algún tiempo después de la irradiación láser.

Al mejorar la microcirculación reduce la inflamación, aporta más nutrientes y defensas a la zona, mejorando la actividad celular. Pero es que, además, tiene acción directa sobre las células normalizando sus funciones al reponer la energía perdida por la célula, pues aumenta la producción de ATP celular que es su base energética (Benediccenti).

El láser terapéutico tiene también efecto analgésico al despolarizar la membrana de la célula nerviosa e impedir la transmisión del estímulo doloroso, aumentando el umbral al dolor.

Una de las aplicaciones en las que se ha comprobado un efecto extraordinario es en los procesos de cicatrización, curación de úlceras tórpidas y heridas, al estimular la regeneración y cicatrización por aumento de la circulación vascular de la zona y mejorar el funcionamiento celular.

Electrónica asociada para el control del láser.

Cuando interesa actuar más sobre una de estas acciones, podemos variar la forma de emisión, teniendo en cuenta que con frecuencias pequeñas (hasta 200 Hz) predomina el efecto analgésico, con frecuencias medias (500-900 Hz) el efecto anti-inflamatorio y con frecuencias grandes (1000-2000 Hz) el efecto bioestimulante y de reparación tisular, y que la mayor rapidez de resultados antiálgicos se obtienen con la emisión infrarroja porque al aportar enegía en forma pulsante interfiere el estímulo sensitivo elevando el umbral doloroso del paciente, aconsejándose el uso del diodo IR para casos agudos y el He-Ne para casos crónicos.

Estos criterios de elección no deben ser considerados de forma tajante pues no existen todavía estudios suficientes, siendo válida la opinión de que los distintos tipos de emisión son eficaces para àportar energía láser al organismo y que los resultados se basan no en el tipo de emisión sino en la energía aplicada, constatándose que pacientes con una misma patología responden mejor en unos casos a unos de los tipos de emisión y en otros casos a otro tipo de emisión.

La radiación láser utilizada en los tratamientos médicos es totalmente inocua, excepto para la retina, pues al atravesar los medios transparentes del ojo producen un efecto degenerativo sobre la retina, en el caso de que la aplicación fuera directa, por lo que es aconsejable para el paciente y para el terapeuta la protección con gafas oscuras especiales, que sólo permitan pasar un máximo del 50% de irradiación, y evitar que en la habitación donde se realizan los tratamientos haya objetos brillantes que puedan reflejar la irradiación.

La utilización del láser terapéutico está contraindicada en tratamientos de la mama fibroquística, en procesos bacterianos agudos si no se da cobertura antibiótica y en personas que sufren procesos epilépticos.

APLICACIONES MEDICAS DEL LASER

EL uso del láser en cirugía viene dado por las ventajas sobre el bisturí eléctrico ya mencionadas, utilizándose el láser continuo de CO_2 de emisión infrarroja, que ofrece una gran eficacia en el corte, con una penetración relativamente moderada.

En oftalmología al realizarse tratamientos en medios transparentes tiene la ventaja de no ser preciso abrir el globo ocular ni utilizar anestesia, pudiéndose actuar sobre cualquier tejido del interior del ojo.

El láser de argón con emisión continua verde se emplea en la prevención del desprendimiento de retina en vías de producción y en la retinopatía diabética. En el desprendimiento de retina, se practican alrededor de la zona patológica disparos múltiples de láser que realizan una sutura punteada entre la retina y la coroides. En la retinopatía diabética se actúa sobre las finas manchas destruyéndolas. El láser de argón tiene también indicaciones en la destrucción de lesiones degenerativas de la periferia retiniana y de la región macular, así como de las neovascularizaciones retinianas, coagular los vasos de las coroides y tratar algunos casos de degeneración macular consecutiva a la proliferación de neovasos coroidales.

En los tumores retinianos se usa el láser CO_2 de emisión continua para realizar fotocauterización y destruir el tumor retiniano sin dañar los medios transparentes del ojo.

Combinación de un aparato de láseres de Helio-Neón e Infrarrojos.

En cirugía ocular preretiniana se utiliza el láser de Ne-Yag, que al emplear energías menores que el de CO_2, secciona los tejidos coloreados, blandos y transparentes sin anestesia ni penetrar en el ojo. Se utiliza para destruir las bridas del vítreo, abrir la cápsula del cristalino, para colocar cristalinos artificiales, abrir membranas oclusivas intraoculares y tratar cataratas congénitas, reestablecer el flujo satisfactorio del humor acuoso en el glaucoma realizando microperforaciones a nivel de las travéculas.

En el tratamiento de la queratoconjuntivitis seca por falta de lágrimas se emplea el láser terapéutico para estimular la glándula lacrimal.

En el tratamiento del cáncer, además de emplearse como bisturí, con la ventaja complementaria de destruir las células cancerosas que podrían encotrarse en la línea de sección y difundirse en el organismo debido al traumatismo quirúrgico, se emplea asociado a la endoscopia y se intenta utilizar para la destrucción de tumores desde los ensayos clínicos de 1976 por Daugherty, sensibilizando los tumores malignos con un derivado de hematoporfirina que se fija selectivamente en las células cancerosas, coloreándolas de rojo y actuando con un láser de colorante cuya radiación es captada selectivamente por los tejidos cancerosos. Encontrándose eficaz en el tratamiento de cánceres en fase inicial y como tratamiento paliativo en los cánceres avanzados.

En cirugía plástica y reconstructiva se emplea el láser bisturí por la nitidez de la superficie de sección y el respeto a los tejidos vecinos, y el láser terapéutico en la tonificación de la piel, manchas de piel, donde el estímulo sobre las zonas hipopigmentadas las normaliza, pero no es eficaz en el vitíligo, arrugas en las que la mejoría, después del tratamiento se mantiene como promedio 12 meses, acné, celulitis, elevación de senos, crecimiento del pelo.

El dermatología se emplea el láser bisturí de argón de poca potencia para la destrucción de los angiomas y de los pequeños tumores benignos y láser terapéutico para acelerar la cicatrización de heridas tórpidas, úlceras varicosas, quemaduras, lesiones de radiodermitis, herpes simple, psoriasis, quleoides recientes.

En el tratamiento de las hemorragias digestivas se utilizan los láser de Ar y de Ne-Yag, acoplados a la fibroscopia, se utilizan para la fotocoagulación de las hemorragias digestivas.

En ginecología se ha propuesto el uso del haz de láser para la repermeabilización de la trompa en las esterilidades de origen tubular y el láser terapéutico en la craurosis vulvar (atrofia cutánea).

Se ha preconizado el láser de Ar para la microcirugía del oído interno y de la nariz, y el láser de CO_2 para la cirugía de la laringe y de las cuerdas vocales.

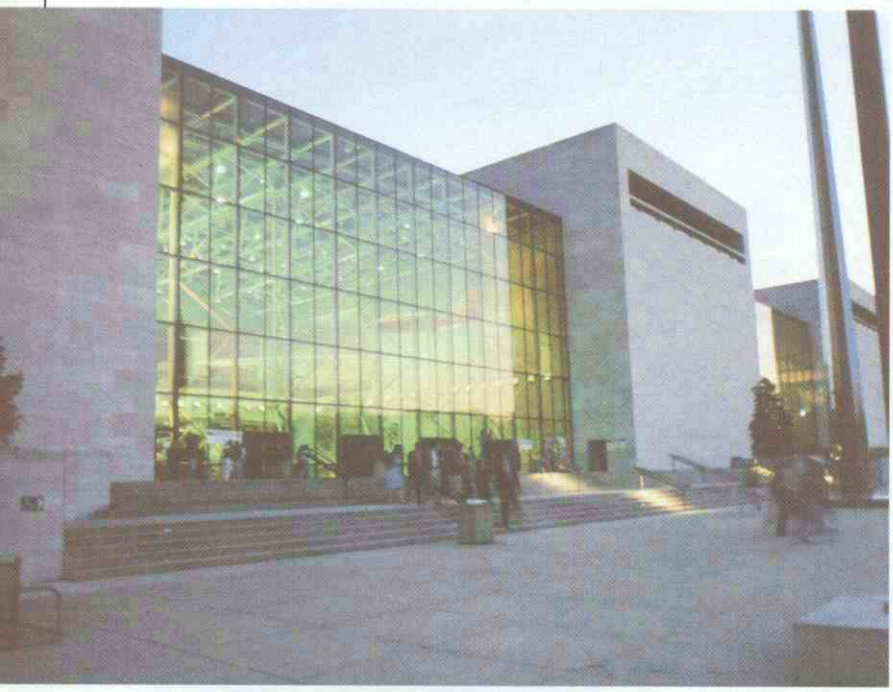
En los dientes, el tratamiento con láser aumenta la resistencia del esmalte de las zonas de alto riesgo pues transforma la estructura cristalina de la dentina, vitrificándola, haciéndola tan dura como el esmalte. En las caries el haz de láser esteriliza el foco infeccioso y permite la obturación inmediata.

En urología se emplea en procesos inflamatorios (con cobertura antibiótica si son de origen infeccioso) para favorecer su reducción y evitar obstrucciones, asimismo se emplea en el tratamiento de las fístulas para estimular su cierre.

El láser terapéutico tiene su indicación principal en el tratamiento de lesiones del aparato locomotor de origen reumático, traumático, neurológico periférico o deportivo por su efecto anti-inflamatorio y analgésico cuando se utiliza como reflexoterapia mediante láserpuntura, en la que las agujas de la acupuntura son sustituidas por la irradiación láser, eliminándose la posibilidad de transmisión de la hepatitis, aunque no se pueden estimular varios puntos a la vez. ■

El Museo Nacional del Aire y del Espacio en Washington D.C.

JAVIER FERNANDEZ DE BOBADILLA FERRER



CON este tercer artículo dedicado al NASM quiero cerrar esta "miniserie" que decía en mi primera entrega. Quizá este sea el último porque he querido dejar lo mejor para el final. El museo de la Fuerza Aérea es impresionante en todos los aspectos y el de la Aviación Naval es casi de tamaño "familiar" comparado con éste. Pero es que en el museo de Washington está reunida la mayor colección de "históricos" jamás vista.

INTRODUCCION

El edificio del museo, diseñado por el arquitecto japonés Gyo Obata, se encuentra en pleno "Mall" del centro de Washington, D.C. Con la

A la izquierda fachada del Museo, diseñado por el japonés Gyo Obata. Abajo el "Flyer" de los Wright con el que comenzó la historia de la Aviación.

Dos aviones históricos: el Ryan de Lindberg y el X-1 de Chuck Yeager. Los Spad, Fokker y Albatros de la fotografía central los podemos admirar en la sala dedicada a la Primera Guerra Mundial.

National Gallery of Art delante y flanqueado por el Capitolio y el obelisco a Washington, no puede tener un mejor emplazamiento.

En 1946 se creó como Museo del Aire, pero en 1966 esta denominación se amplió a Museo del Aire y del Espacio. Pero no fue hasta 1972 cuando se empezó a construir el actual edificio. La inauguración se llevó a cabo el 1 de julio de 1976, tres días antes del Bicentenario de los EE.UU., siendo Michael Collins, uno de los tripulantes del Apollo II, su primer director.

La inauguración fue llevada a cabo según el más genuino estilo americano: con el presidente Gerald Ford presente, una señal enviada desde la sonda Viking, aproximándose a Marte, activó un mecanismo que cortó una cinta roja, blanca y azul, mientras los Thunderbirds, patrulla acrobática de la USAF, pasaba en vuelo rasante dejando una estela de humos de colores.

La respuesta del público después de la inauguración fue fenomenal. A los 25 días se alcanzaba la cifra de un millón de visitantes y en el primer año nueve millones y medio. Puede que sea el museo más visitado del mundo, en relación con los pocos años que lleva funcionando.

UNA CORTA VISITA

El museo abarca todo el espectro de la historia aeroespacial, desde los primeros globos del siglo XVIII hasta la futura exploración del espacio.

Para cubrir toda esta variedad de materias, el museo dispone de 23 salas, cada una de ellas dedicada a un tema distinto.

Nada más entrar nos encontramos en la sala principal. No hace falta que nos digan a qué está dedicada: el "Flyer" de los hermanos Wright, el Ryan de Lindberg, el módulo de mando del Apollo II, el Bell X-1 con el que Chuck Yeager batió la barrera del sonido, una cápsula Gemini, una Mercury y una réplica del Sputnik; en fin ¿qué más se puede pedir?

Uno de los dos Douglas World Cruisers que completaron en 1924 el primer viaje global.

Este auténtico Me-109 se encuentra en la sala de la Segunda Guerra Mundial.

Un poco más atrás se encuentra una de las últimas incorporaciones: el Voyager en el que Dick Rutan y Jeana Yeager dieron la vuelta al mundo sin posarse ni repostar, así como el Gosiamer Albatross, primer aparato capaz de volar sólo con propulsión humana, realizado con materiales superligeros.

A la derecha de la entrada principal se encuentra la sala dedicada al transporte aéreo y en ella destaca, colgando del techo, la aeronave más grande del museo, un DC-3, que revolucionó el transporte aéreo mundial. Y a la izquierda de la sala principal se encuentra la tercera de las salas grandes; la dedicada a la exploración espacial. Allí podemos contemplar una reproducción del Skylab, con un peso de 35 toneladas y una longitud de 20 metros, además de otra réplica del Apollo-Soyuz, el primer encuentro en el espacio de Soviéticos y Americanos.

Aparte de estas tres salas principales hay otras veinte salas más pequeñas en las que se exhiben desde los pioneros de la aviación y los primeros globos, pasando por las dos guerras mundiales, los vuelos experimentales y la aviación naval, hasta la exploración del sistema solar y el espacio profundo.

No sólo son aviones y naves espaciales lo que se puede ver en el museo. Dispone además de un impresionante planetario donado por la República Federal Alemana: el "Albert Einstein", verdadera maravilla técnica e imaginativa.

También existe en el museo una sala de cine equipada con el sistema IMAX, que proyecta sus imágenes en una pantalla de 150° y 5 pisos de altura, en alta definición. Sería imperdonable perderse las dos estrellas de la programación: la película "To Fly" (volar) y la más espectacular "The dream is alive" (el sueño está vivo), dedicada al programa del transbordador espacial. Como dicen los propios astronautas, ver la película es lo más parecido a estar realmente dentro de la nave, durante una misión.

Entre los otros aviones de que dispone el NASM, podemos citar al

El Douglas DC-3 y el Ford trimotor dominan la sala dedicada al transporte aéreo.

▲ *Detrás del X-15 se encuentra el Douglas D-558-II Skyrocket.*

Con este Douglas D-558-II Skyrocket batió Scott Crossfield el mach 2 en 1953. ▶

◀ *Este Sikorsky XR-4 fue el primer helicóptero militar.*

▼ *En la sala dedicada a "reconocimiento" podemos contemplar este U-2.*

Exposición dedicada a la Aviación Naval: en primer plano un SDB "DAUNTLESS".

Grumman F-4F Wildcat, dispuesto sobre una cubierta de portaaviones simulada.

Sala dedicada al espacio. Una V-1 alemana y un M2F2 "Cuerpo sustentador" (izquierda de la fotografía) flanquean a varios cohetes.

Módulo de mando del Apollo-11.

Módulo lunar gemelo al que utilizaron Armstrong y Aldrin en el Apollo 11. Debajo, réplica exacta del Apollo-Soyuz de 1975.

Douglas D-558-II Skyrochet, con el que Scott Crossfield superó por vez primera el límite del Mach 2, y uno de los dos Douglas World Cruisers que concluyeron el primer viaje global, que iniciaron cuatro de ellos. El NASM, al ser una institución oficial, también es dueño de la mayoría de las cápsulas Mercury, Gemini, Apollo y Skylab, aunque muchas las tiene cedidas a otros museos (el módulo de mando del Skylab que hay en el museo aeronaval de Pensacola es una muestra).

Todas las aeronaves expuestas han sido restauradas, y a menudo reconstruidas, por empleados del museo en un taller que tienen exprofeso, siempre con la colaboración de entusiastas de la aviación, firmas comerciales y las propias casas constructoras de los aparatos.

Elaborar una lista de los aviones y naves espaciales de los que dispone el museo sería poco menos que interminable, pues se cuentan por cientos. Sólo unos pocos son exhibidos de la manera más educativa e interesante. Como ya he dicho, muchos de sus aparatos están donados en calidad al préstamo a otros museos, como el NC-4 que se exhibe también en Pensacola.

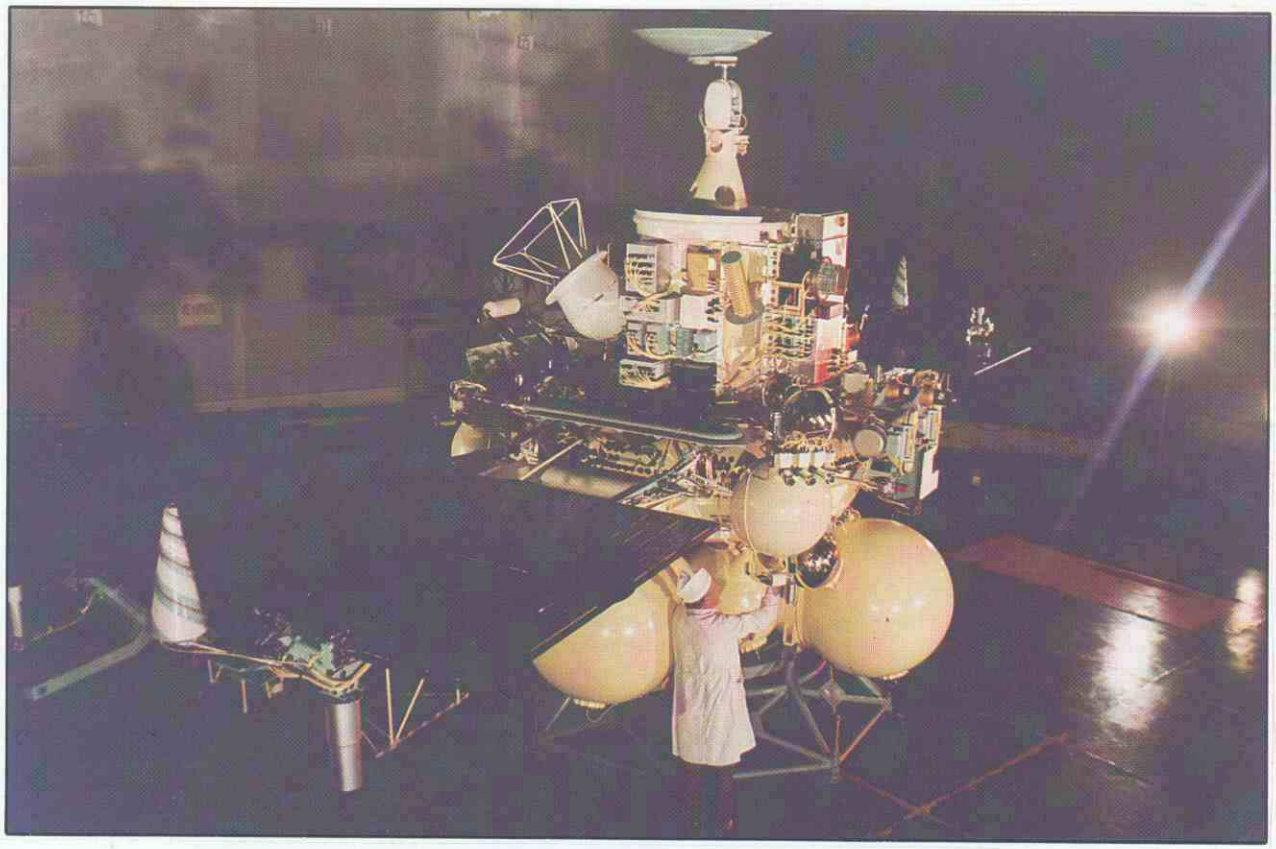
CONCLUSION

Opino que sería imperdonable no conocer este museo de museos si alguien pasa unos días en Washington, D.C., ya de por sí una ciudad muy agradable de visitar. Mucha gente visita este museo, pero si a uno le gusta la aeronáutica, la ocasión es mucho más placentera.

Como siempre, un poco de información para futuros visitantes: la entrada es gratuita y está abierto todos los días, excepto fiestas nacionales, de 10 a 6 de la tarde.

Aunque este sea el último artículo, espero volver otro día para describir algún otro museo no sólo americano, sino también europeos, que los hay magníficos ■

Una de las últimas incorporaciones al Museo: el Voyager, primer avión en dar la vuelta al mundo sin escalas.



Sonda espacial "Fobos".

Fobos: la hora de las críticas

ALICIA RIVERA

FOBOS era el programa de las novedades. Los éxitos cosechados por los soviéticos tanto en astronáutica pilotada como automática, los buenos resultados de la misión VEHA, en Venus, y en el cometa Halley, habían dado confianza a ellos mismos, a especialistas de 11 países y a la Agencia Espacial Europea, que consideraron interesante embarcarse en este ambicioso proyecto. Para la ocasión se estrenó un nuevo tipo de sonda espacial, que según sus diseñadores iba a servir tanto en este viaje como en otros diferentes. Experimentos exóticos se alternaban con los convencionales. El objetivo mismo, el satélite Fobos del planeta Marte, es tremendamente atractivo por desconocido. Además, han tenido una publicidad considerable, en comparación con la práctica hasta ahora de la URSS, la preparación del proyecto, el lanzamiento, el viaje... y el frustrante final.

Los problemas han desatado la polémica, ante todo entre los especialistas soviéticos, a la hora de hacer valoraciones. El programa de exploración de Marte, elaborado minuciosamente por la URSS con vistas a una expedición tripulada dentro de treinta años, puede verse afectado por estos acontecimientos.

El 7 y 12 de julio del año pasado dos cohetes Protón, desde la base de Baikonur, pusieron las estaciones interplanetarias Fobos-1 y Fobos-2 en trayectoria hacia Marte. En agosto empezó a recibirse información científica del programa de investigaciones, que incluía el estudio del Sol y el espacio interplanetario. El 2 de septiembre, un operador envió un telecomando erróneo a Fobos-1, que perdió la orientación correcta y descargó sus fuentes de alimentación. Durante varias semanas se intentó, sin resultado positivo, restablecer la comunicación con la nave, hasta que se perdió toda esperanza. Puesto que Fobos-2 era más completa que su compañera, además de incluir casi todos sus equipos, se salvó la situación a pesar del mal trago, y continuó el plan previsto.

A finales de enero de 1989, después de recorrer 470 millones de kilómetros en siete meses, la Fobos-2 llegó a las inmediaciones de Marte, realizó las maniobras opor-

EL ENIGMATICO FOBOS

FUE Kepler el primero en suponer que Marte tenía satélites, en 1610, pero transcurrieron más de dos siglos y medio antes de que se confirmase su idea. Las dos lunas marcianas fueron descubiertas en 1877 por el astrónomo estadounidense Jonathan Swift, y recibieron los nombres de Fobos y Deimos (miedo y horror en griego), los compañeros del dios de la guerra, pero durante mucho tiempo no se tuvo prácticamente información sobre ellas. Las observaciones desde la Tierra no permitían determinar siquiera la masa y dimensiones de estos pequeños cuerpos celestes. Sólo con la visita al lugar, con las naves espaciales, empezaron a conocerse sus características básicas.

Fobos tiene forma de patata, con unos 27 kilómetros de diámetro máximo. Su masa es aproximadamente 1,5 × 10 (elevado-8) respecto a la de Marte; su densidad, 2 gr./cm^2. Esto significa que no puede estar compuesto de rocas procedentes de procesos volcánicos, que son las que componen la corteza y el manto de los planetas del grupo terrestre. Es la densidad característica de los llamados asteroides C. Existen diversas teorías sobre cómo quedaron atrapados en torno a Marte (choques de cuerpos celestes, captura por la protoatmósfera de Marte, vuelo de los dos asteroides por perturbaciones en la Zona de Júpiter sobre el anillo de asteroides, etc.), pero este es aún uno de los interrogantes sobre el tema que esperan respuesta.

Los dos satélites marcianos describen órbitas sincrónicas respecto al planeta, ofreciendo siempre la misma cara hacia él. Debido al efecto gravitacional de Marte, Fobos se va acercando gradualmente a Marte y, según cálculos, deberá caer en él dentro de 30-70 millones de años. De cualquier modo, su situación se conocía hasta ahora con escasa precisión. El paisaje de Fobos es enigmático; su superficie está cubierta de cráteres de origen meteorítico, el más grande, Ickney, tiene un diámetro de 10 kilómetros, y parece estar originado por un fortísimo choque que provocó el agrietamiento de todo el satélite: multitud de surcos casi paralelos y rectos con anchura de 400-600 metros y profundidad de 60-90 metros.

El frustrado programa soviético pretendía aclarar muchas cuestiones pendientes de este curioso cuerpo solar. Estaba previsto realizar espectroscopias infrarroja y gamma: la primera para conocer las propiedades termofísicas y reflectoras de la superficie y composición mineralógica; la segunda para el análisis de elementos como hierro, silicio, aluminio, calcio, magnesio, etc., y de los radiactivos naturales (uranio, torio, potasio). Con el radar se iban a investigar el relieve de Fobos, su estructura interna y las características electrofísicas del suelo, aplicando el método de radiosondeo por impulsos.

Los módulos de descenso iban a permitir conocer la composición química y características físicas del suelo en los puntos de contacto, al tiempo que la cámara distinguiría en las imágenes la microestructura del terreno y los detalles de la superficie.

En mecánica celeste, y esta parte del programa se ha cumplido en cierta medida, se trataba de puntualizar la situación de Fobos, tanto en el sistema de coordenadas, relacionado con la Tierra, como en referencia a los cuasares, las radiofuentes más alejadas en el Universo. La estación de larga vida iba a trabajar en estas cuestiones durante todo un año. El sensor de la dirección exacta hacia el Sol proporcionaría información sobre las oscilaciones del satélite marciano respecto a su propio centro de masas.

"Debido a la compresión gravitacional y a la refundición radiactiva, los planetas masivos han sufrido cambios esenciales durante su evolución", explicaba las razones del interés del proyecto Fobos su director científico, Roald Sagdeev. "Pero desde la formación del Sistema Solar, los cuerpos pequeños (cometas y asteroides) no han sufrido transformaciones tan grandes. Se puede suponer que el material que compone estos cuerpos celestes es cercano al del estado primigenio. Los trabajos que se realizan en este campo ayudan a comprender mejor el carácter de la evolución no sólo en Marte, sino también en la Tierra".

ESQUEMA DEL VUELO DE LAS SONDAS INTERPLANETARIAS FOBOS (TIERRA - MARTE) 1988

En el dibujo se indica:

— Orbitas de la Tierra y Marte.

— Posición de los dos planetas en el momento del despegue del aparato y de su acercamiento a Marte.

— Trayectoria de vuelo desde la Tierra a Marte.

— La primera órbita del aparato junto a Marte.

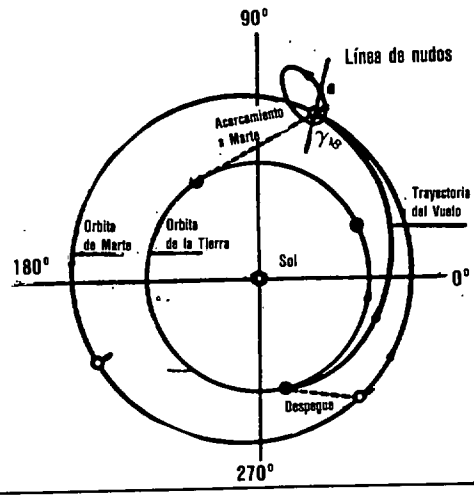
— La línea de los nudos de la primera órbita.

⊕ Tierra.

♂ Marte.

♈ Punto del equinoccio primaveral marciano.

∩ Nudo ascendente de la primera órbita del aparato Fobos.



tunas y se colocó en una órbita ecuatorial de observación a una altura de 6.330 kilómetros, es decir, 350 kilómetros por encima de la del satélite natural Fobos. Se ha sabido después que hubo diversos problemas de comunicaciones con la sonda, pero todo se desarrolló según lo previsto, con la consiguiente euforia de los especialistas en balística, que acertaron a su objetivo con una precisión de filigrana.

En dos meses, Fobos-2 realizó diversos estudios de la fase marciana del programa y del Sol, al tiempo que tomó imágenes y mediciones para proceder a la maniobra de aproximación a Fobos. El 27 de marzo, en la primera comunicación del día con la nave, se enviaron telecomandos de giro y toma de mediciones adicionales del satélite de Marte a 214-371 kilómetros del mismo, necesarios para la aproximación y desarrollo de la fase culminante del programa: vuelo rasante sobre Fobos, experimentos de láser y cañón iónico y desprendimiento de los dos módulos de descenso. A las siete de la tarde (hora de Moscú) estaba prevista la segunda comunicación de la jornada, pero la sonda permaneció muda. Trece minutos más tarde se recibió una leve señal pero volvió a callar. Al cabo de una semana en que se hicieron todos los intentos imaginables para recuperar el contacto, la Fobos-2 se consideró perdida.

Los soviéticos tardaron varios días en analizar lo sucedido y dar aclaraciones. En una rueda de prensa en Moscú, se explicó el desgraciado final y salieron a la luz los problemas que se habían venido arrastrando entre los responsables de la parte técnica del programa y los de la parte científica. Las valoraciones son diferentes, para unos el fracaso ha sido casi total, para otros relativo. Ha habido resultados muy positivos, la mayor parte de los investigadores europeos están satisfechos porque sus experimentos correspondían a la fase de viaje. La URSS ha sufrido el primer descalabro espacial en varios años, y Fobos ha costado más de 34 mil millones de pesetas.

MULTIETAPAS-MULTIPROPOSITO

En enero de 1988, tres altos responsables del diseño de las naves

Fobos explicaban en la revista de la Academia de Ciencias de la URSS, cómo era su ingenio y las ventajas de una configuración que le hacían apto para misiones espaciales diferentes. En la rueda de prensa en Moscú después del desastre, Viacheslav Kovtunenko, jefe técnico del proyecto, comentó que en 1980 se decidió iniciar estudios integrales de la Luna, Venus, Marte y los asteroides. "Para ello, dijo, hubo que decidir entre crear un aparato para cada tarea concreta o diseñar un modelo único modificable. Como la segunda variante era más barata, se optó por ella".

Por primera vez los soviéticos han utilizado un sistema de varias etapas en el diseño de una sonda planetaria. En la primera etapa funcionó el grupo propulsor autónomo (GMA), con el que se realizó la corrección en la ruta Tierra-Marte, el frenado al ponerse en la órbita intermedia marciana y las maniobras para pasar a la órbita de observación. En ese punto el GMA se separó de Fobos, que utilizó en las siguientes operaciones dinámicas el grupo motopropulsor de orientación y estabilización. La estructura de múltiples depósitos de combustible está ideada para optimizar la cantidad de combustible necesaria en cada misión y reducir el peso.

La estructura de la nave es la siguiente: el compartimento instrumental es el elemento de fuerza al que se acoplan, por abajo el grupo propulsor y sus depósitos de combustible y, por arriba, el compartimento de los instrumentos científicos. Después de separarse el GMA se queda "al descubierto" la parte inferior del aparato que lleva los equipos de servicio y científicos necesarios para la aproximación a Fobos y los experimentos. En la parte superior se encuentran los aparatos de investigación solar. Al compartimento instrumental se fijan también el grupo motopropulsor de orientación y estabilización y los captadores del sistema de orientación. Encima está instalada la antena.

Esta composición debe permitir variar, también en la parte superior, los complejos de servicio y experimentales e instalar módulos de descenso o sistemas de acoplamiento con otros aparatos.

El segundo factor para reducir el peso ha sido la utilización de sistemas de a bordo de pequeñas dimensiones y bajo consumo energético. El ordenador de a bordo realiza funciones de tres sistemas: de control, orientación y automático. El equipo de orientación, pequeño, muy sensible y de alta precisión, ha sido capaz de orientar la nave espacial tanto por estrellas de débil luminosidad como por Fobos brillantemente iluminado.

Montaje del aparato Fobos en el Instituto de Investigaciones Cósmicas, Moscú.

Con los computadores instalados en Fobos-2, el control del aparato y las sesiones de comunicación no se han sometido a esquemas rígidos prefijados de antemano, sino que se han ido llevando a cabo con programas flexibles, teniendo en cuenta las condiciones reales de vuelo. "Puesto que la señal de radio tarda de la Tierra a Marte y regreso, casi media hora, el ordenador de la nave tiene que tomar a menudo decisiones sobre la marcha. En el caso de Fobos-2, este sistema ha sido insuficiente", ha dicho Arnold Selivanov, doctor en ciencias técnicas.

Bruce Murray, del Instituto de Tecnología de California (EE.UU.), ha comentado que Fobos es la primera sonda espacial construida por los soviéticos para investigaciones interplanetarias en 18 años. Un tipo de nave anterior, que cumplió muy satisfactoriamente la misión de Halley, había fallado en siete ocasiones en misiones en Marte, en la década de los 70. "Lograron al final una sonda espacial fiable. Su estilo ha venido siendo el desarrollo con ensayos de vuelo, pero no han tenido «glasnost» hasta ahora".

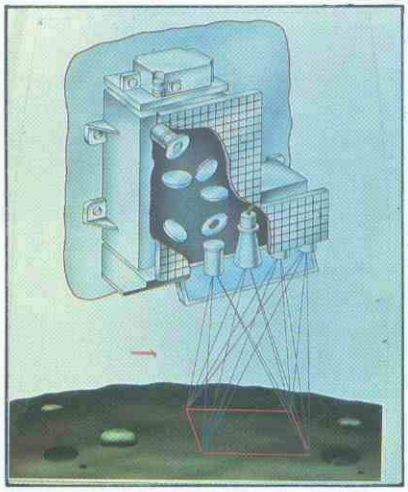
METEORITO O AVERIAS

"Por el momento no podemos decir definitivamente cuál ha sido la causa última que inutilizó Fobos-2", declaró en Moscú Roald Kremniov, uno de los directores del programa. "Según los últimos datos de telemetría, parece que el aparato estaba girando y no tenía la debida orientación. Tal vez se hayan inutilizado uno, dos o tres sistemas, o cuerpos pequeños que gravitan alrededor del satélite natural de Marte causaron daños. El captador estelar registró un cuerpo, no sabemos si era una pieza que se desprendió del vehículo o un trozo de asteroides. Son hipótesis, el análisis a fondo de los datos de telemetría nos permitirán determinar las causas con mayor precisión".

Viacheslav Kovtuchenko, reconociendo que había habido una serie de fallos técnicos y de diseño en el funcionamiento de aparatos, afirmó "que son inevitables en proyectos tan complicados como éste, pero que pueden subsanarse en futuras expediciones". Los encargados de la parte técnica de Fobos (por primera vez en la astronáutica soviética la responsabilidad científica y técnica han estado separadas en este programa) afirman que los objetivos centrales se han cumplido.

"Son los científicos quienes deben evaluar los equipos", contestó Roald Sagdeev, jefe científico. "En este sentido no estoy de acuerdo con las conclusiones de Kovtuchenko. El objetivo principal era el estudio de Fobos y, esta parte, que comprendía las ideas y desarrollos científicos y técnicos más interesantes, no se ha cumplido".

De no haberse perdido Fobos-2, el 9 de abril la nave habría pasado a una órbita sincrónica con Fobos y después a una distancia de 35 kilómetros sobre su superficie. Desde ahí se habría acercado hasta una altura de 50 metros y habría iniciado, suspendida a esa altura, un paseo de 25 minutos a baja velocidad. En esta fase del vuelo, el más sobrecargado de experimentos, los equipos de la Fobos-2 habrían comandado autónomamente la nave adaptando su trayectoria a los accidentes del terreno. Por primera vez se habría estudiado la composición del suelo de un cuerpo celeste mediante láser. Durante el vuelo rasante, entraría en funcionamiento un experimento elaborado en la



Compuesto videoespectral.

República Federal Alemana, por el que un rayo láser con energía de casi un julio, enfocado en la superficie a un milímetro de diámetro, provocaría la ionización y vaporización explosiva de las rocas. Los aparatos de la nave captarían y registrarían los iones. De esta forma se iba a analizar la composición del suelo en unos cien puntos diferentes.

Otro experimento de sondeo, ideado y construido por científicos franceses, era una especie de cañón de plasma que, disparando iones de criptón acelerados, arrancarían de la superficie del terreno los iones secundarios. Estos serían registrados a bordo del aparato espacial por un espectrómetro de masas. Para completar las mediciones una cámara de TV iba a tomar imágenes en color con detalle de pocos centímetros.

Al final del sobrevuelo, Fobos-2 habría dejado caer dos módulos de descenso. Uno era una estación de larga duración que se habría anclado a la superficie de Fobos (la gravedad allí es mil veces menor a la terrestre, por lo que era necesario fijar mecánicamente la estación al suelo para que conservase la posición correcta) y habría recogido y enviado a la Tierra información sobre el satélite. Además, este aparato, calculado para trabajar durante un año, se habría utilizado para hacer mediciones exactas en mecánica celeste, como por ejemplo, precisar la magnitud de la unidad astronómica (distancia promedio entre la Tierra y el Sol, unos 149,6 millones de kilómetros). La misión del otro módulo era también obtener información sobre la composición química y las características físicas del suelo, pero en diversos puntos, saltando de uno a otro una vez finalizado en cada uno el ciclo de recogida de datos.

Problemas con los ordenadores de a bordo, software insuficiente, transmisiones, sistemas de orientación de la antena..., se han apuntado diversas hipótesis sobre los fallos de la misión, a la espera de una conclusión definitiva. Bruce Murray ha señalado que posiblemente los ingenieros han adaptado su diseño para este programa con el fin de probarlo en condiciones de vuelo. "Cuando ocurrió el fallo, ha dicho el experto estadounidense, se estarían tomando imágenes de la superficie de Fobos, pero como la nave no tenía una plataforma especial para la cámara, toda ella tenía que girar. Estaban preocupados por los problemas de diseño y no querían hacer muchas maniobras".

Cuando Fobos-2 no respondió en la segunda comunicación del 27 de marzo, la NASA se ofreció para enviar a través de su red de seguimiento DSN (Deep Space Net) una señal de alta frecuencia, operación que se ha realizado en otras ocasiones con vehículos espaciales. Los soviéticos no consideraron posible tal medida porque pensaban que el fallo estaba en el transmisor de a bordo. La DSN iba a participar en la siguiente fase de la misión recibiendo datos para determinar la posición exacta del satélite marciano mediante interferometría.

Científicos del Instituto de Investigaciones Espaciales de la URSS han criticado que la nueva nave interplanetaria se diseñó para objetivos diferentes al de la misión Fobos. El especialista soviético Vasili Morzov ha dicho que las estaciones Fobos, por algunos parámetros, "son algo peores que los aparatos interplanetarios estadounidenses".

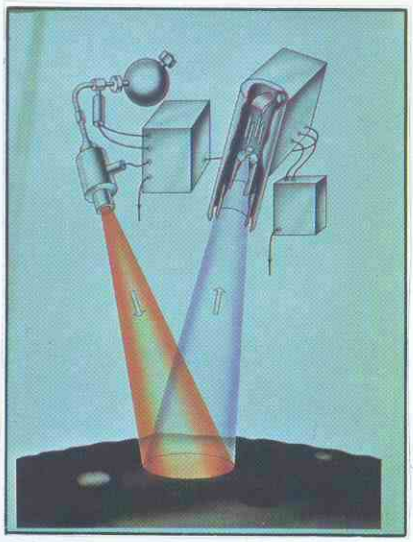
BUENOS RESULTADOS

Con todo, la misión Fobos ha cumplido eficazmente parte del programa. Los experimentos centrados en el espacio interplanetario, el Sol y Marte (la parte realizada, porque después de soltar los módulos de descenso en Fobos, estaba previsto que la nave completase los estudios del planeta), han proporcionado resultados muy interesantes. Re-

gean Grard, investigador principal del experimento de la onda de plasma (Agencia Espacial Europea) ha declarado: "Es obvio que todos habríamos deseado que hubiera tenido lugar el encuentro con Fobos, pero la misión no es una pérdida total, dado que se ha obtenido un volumen significativo de datos con los equipos de la estación. Hemos recibido información sobre la actividad y densidad de la onda de plasma para trabajar en ello muchos años". También se ha declarado satisfecho con los resultados, el investigador de la Agencia Espacial Europea, Richard Marsen: "Hemos tenido, además, la suerte de poder hacer observaciones durante la intensa actividad solar del mes de marzo".

Fobos-2 ha estado tomando datos del Sol, prácticamente desde el inicio del viaje, desde un ángulo Tierra-Sol-nave cada vez mayor. La observación de la estrella simultáneamente desde observatorios terrestres, satélites en órbita circunterrestre y la nave, ha sido una excelente oportunidad para investigar la estructura estereoscópica de la cromosfera y la corona solar, así como procesos que en ese período no han sido visibles desde aquí. Se han hecho mediciones espectrales simultáneas de las radiaciones X y gamma, de las zonas activas, de la estructura interna del Sol y sus pulsaciones en tiempo prolongado (la nave no ha caído en zona de sombra en ningún momento durante el viaje a Marte). Como sucede siempre en estos casos, habrá que esperar tiempo hasta que los científicos analicen en profundidad los datos recibidos y saquen conclusiones.

"En Marte, los instrumentos instalados en Fobos-2 han medido el campo magnético y logrado información acerca de las capas radiactivas del planeta", ha declarado Albert Galeyev, del Instituto de Investigaciones Espaciales de la URSS, "aunque no todos los estudios de esta fase han salido según lo deseado; la calidad de los equipos se ha visto afectada por los plazos demasiado cortos que se concedían para su ajuste". Se han hecho cinco experimentos en Marte, de los que cabe destacar los datos registrados relativos a los minerales que contienen agua cristalizada. "Hemos podido establecer el origen planetario de los iones de oxígeno que se van alejando de Marte al espacio cósmico", ha explicado el científico soviético Yuri Zaitsev, lo que explicaría la pérdida de su atmósfera. Se han estudiado también elementos radiactivos naturales y se ha levantado un mapa térmico del planeta.



Dibujo del experimento de análisis a distancia de la masa de iones secundarios. Sistema de inyección de iones. Bloque de receptores. Bloque de tratamiento.

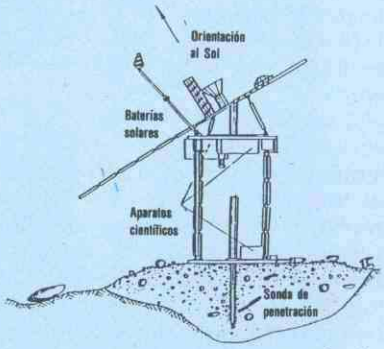
Precisamente en el experimento de reconocimiento de temperaturas se produjo uno de los acontecimientos del programa Fobos que más atrajo la atención. En unas imágenes recibidas de la sonda y mostradas por televisión, se veía una extraña silueta elipsoidal de gran tamaño. La pérdida de contacto con Fobos-2, poco después, atizó el fuego de las conjeturas. Posteriormente, Arnold Selivanov, técnico del proyecto, explicó que "en dos sesiones de comunicación se recibieron, en los mapas térmicos que estaba haciendo el termoscaner, unas franjas que mucha gente ha querido interpretar como platillos volantes. Pero no existen tales objetos. Las franjas son la sombra de Fobos que aparece cuando el Sol ilumina el satélite natural de Marte bajo un determinado ángulo. La forma alargada se explica por algunas características peculiares de funcionamiento del termoscaner, una especie de televisor térmico que instalamos en la nave en el último momento".

Sobre el mismo Fobos se ha recogido información importante. Las imágenes tomadas con gran proximidad son excelentes. Además, se ha precisado su ubicación y movimiento con precisión significativa; de hecho la localización y balística han sido platos fuertes en la lista de resultados positivos. "Los astrónomos llevan siglos estudiando Fobos y han determinado los parámetros de su órbita con precisión de centenares de kilómetros, pero hacía falta reducirla a 2-3 kilómetros y lo hemos logrado ahora con métodos originales de medición", ha resumido Vladimir Pochukayev, director de balística del programa.

ESTACION AUTONOMA PERMANENTE

Aparatos instalados y sus misiones:

Aparatos	Misión	País participante
— Espectrómetro de la difusión retrospectiva y de la fluorescencia de los rayos X	Composición de la capa superficial de Fobos	URSS, RFA
— Registro óptico de la posición angular del Sol	Distribución de masas	URSS, Francia
— Sismómetro	Estructura interna de Fobos	URSS
— Penetrómetro	Propiedades físico-mecánicas de la capa superficial	URSS
— Cámara de televisión	Microestructura de la capa	URSS, Francia
— Radio	Mecánica estelar	URSS, Francia
— Microprocesador	Control de mando de todos los sistemas	Bulgaria, URSS



Puc 4

"La estación ha trabajado con una exactitud de 20 metros a una distancia de 220 millones de kilómetros de la Tierra. También hemos recogido imágenes del otro satélite marciano, Deimos, y se han ajustado sus coordenadas, en este caso con precisión de decenas de kilómetros".

FOBOS-3 Y EL PLAN MARCIANO

Fobos se entendía como el primer paso de un ambicioso programa soviético de investigaciones en Marte, que planea ir enviando ingenios espaciales de complejidad creciente no sólo para profundizar en el conocimiento del planeta, sino también, para ir configurando un viaje tripulado que tendría lugar alrededor del 2020. A principios de los años 90, un satélite artificial situado en órbita de Marte, realizaría levantamientos topográficos completos y estudiaría la atmósfera con una sonda aerostática; mediante un módulo de descenso se analizarían las propiedades físico-químicas del suelo y se tomarían imágenes de alta resolución. Se irían así delimitando posibles zonas de descenso de expediciones posteriores.

El siguiente paso sería llevar a Marte vehículos capaces de deslizarse por su superficie y traer a la Tierra muestras de rocas. Para ello hay que pensar en un sistema de naves que regresen y sean interceptadas en órbita terrestre para proceder a los primeros análisis de los materiales, que no llegarían a los laboratorios hasta que se excluyese cualquier posibilidad de contaminación extraterrestre. Posteriormente, y estaríamos ya en la primera década del próximo siglo, se enviarían grandes "martemóviles" con gran autonomía, que permitirían ir creando las condiciones necesarias para emprender una expedición tripulada y el desembarco allí de astronautas dentro de unos 30 años.

El sondeo con láser del satélite Fobos, como lo imaginaron los científicos.

El repentino final de esta misión no debe alterar drásticamente el desarrollo de este plan, ni es necesario repetirlo para dar el paso siguiente. De cualquier modo ya se ha empezado a hablar de Fobos-3, a pesar de que Alexandre Dunaev, director del Glavcosmos (la agencia espacial de la URSS), ha dicho que se están analizando las posibilidades de materializar los programas previstos.

En un momento en que la Unión Soviética parece decidida a hacer economías en la aventura espacial, se han dado a conocer las cifras de Fobos. "El programa general de estudios planteados y astrofísicos se aprobó en 1980 y hasta la fecha se ha cumplido al 50 por ciento", ha declarado Yuri Koptev, del Ministerio de Construcciones Mecánicas de la URSS. "Fobos, que forma parte de ese plan, se inició en 1982, su fase intensa tuvo lugar en 1984 y se culminó en 1987. El valor total del proyecto, incluida la fabricación de instrumentos científicos soviéticos, asciende a 272 millones de rublos (un rublo equivale a 195 pesetas, aproximadamente). Esta suma incluye no sólo el valor de las estaciones, sino también, cuestiones como el ajuste adicional de los dos potentes radiotelescopios de 70 metros de Evpatoria y Ussuriisk, y la fabricación de numerosos bancos de pruebas terrestres. Las dos estaciones interplantearias han costado 51 millones de rublos. La suma comprende todos los gastos relacionados con los cohetes portadores, los preparativos para el lanzamiento y, en parte, el control de vuelo.

"A esto hay que añadir 60 millones de rublos transferibles invertidos en la fabricación de instrumentos científicos por los participantes extranjeros, en total han intervenido alrededor de 150 empresas", ha precisado Roald Sagdeev. ■

WREN: Un genial caricaturista aeronáutico

LUIS SAENZ DE PAZOS

COMO a muchas personas del mundo aeronáutico no puedo decir cuándo conocí por vez primera a Wren; lo cierto es que mucho antes de ese primer contacto ya era admirador suyo por la gran impresión que me causaban sus "caricaturas" de aviones publicados en "The Aeroplane", de la cual podía conseguir algunos ejemplares —con dificultad— durante la II Guerra Mundial.

Uno de los problemas más importantes durante los conflictos bélicos es la identificación de quién es amigo o enemigo, y esto se hace particularmente difícil con los aviones que combaten en dos bandos distintos. Los Estados Mayores se preocupaban en hacer llegar a los puestos de observación, tanto del frente como de la retaguardia, dibujos, fotografías, detalles, peculiaridades, etc, de la mayor cantidad posible de aviones enemigos. Un ejemplo fueron las publicaciones editadas por las dos partes contendientes durante nuestra guerra 36-39 de los cuales poseo ejemplares que son auténticos "incunables" de la identificación.

Wren, consciente del valor de este aspecto informativo, se destapó como "cartoonist" aeronáutico en la pasada II G.M. Fue en la St. Martin's School of Art donde inició sus actividades artísticas y cuando se incorporó al 604 Escuadrón Auxiliar de la RAF, en 1932, comprobaron su talento de dibujante aeronáutico; por eso, al iniciarse la guerra, le nombraron Instructor de la Escuela Central de Reconocimiento Aéreo.

Fue entonces cuando logró su fama de caricaturista de aviones al iniciar una serie de dibujos que ponían de relieve las peculiaridades más significativas de cada tipo, de forma que a los observadores les fuese más fácil la identificación de los aviones adversarios.

Chris Wren posando ante algunas de sus caricaturas de aviones, denominadas "Oddentifications Series".

Las fichas suministradas a los puestos de observación solían estar constituidas por las tres vistas del avión —frente, planta y perfil— acompañadas de algunas fotografías, muchas veces borrosas y con poco detalle, además de algunas características: velocidad, capacidad de subida, tipo de vuelo, dimensiones, etc. En las tres vistas se resaltaban en trazos más gruesos, por ejemplo, formas especiales de cada modelo, como planta elíptica en las alas, timón de dirección clásico de un fabricante, peculiaridades del tren de aterrizaje (cuando era fijo) y lo máximo posible de la configuración general.

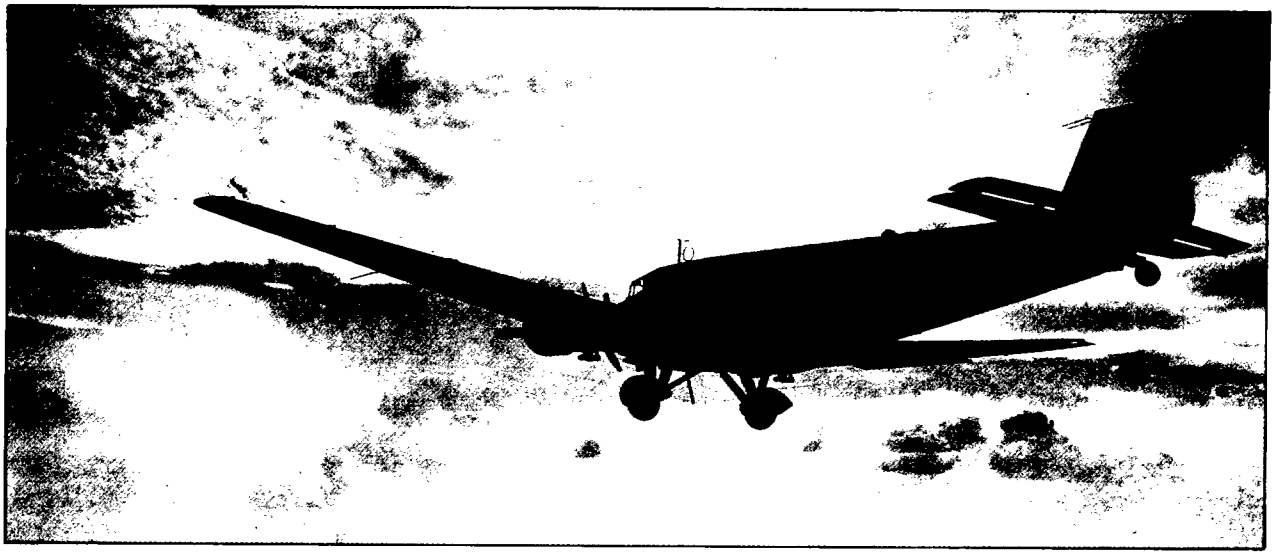
Muchas veces esto no era suficiente, pues había aviones de los dos bandos que tenían semejanzas notables, fáciles de confundir con el nerviosismo lógico del combate y de la necesidad de identificarlos en muy escaso tiempo, a veces segundos.

Por eso las caricaturas de Wren ayudaron muchísimo al reconocimiento rápido de aviones tanto amigos o enemigos, ahora solucionado mediante otros métodos con la utilización de los IFF electrónicos.

Además de la caricatura, Wren añadía un verso que complementaba la información gráfica con auténtica gracia. Tanta fue la influencia de su trabajo que se dijo que los alemanes utilizaron sus caricaturas para su propia identificación y distinguir mejor aviones de aspecto similar, como sucedía con los bimotores de asalto o los cazas monomotores.

También, al parecer, los versos los adaptaron a su propio idioma.

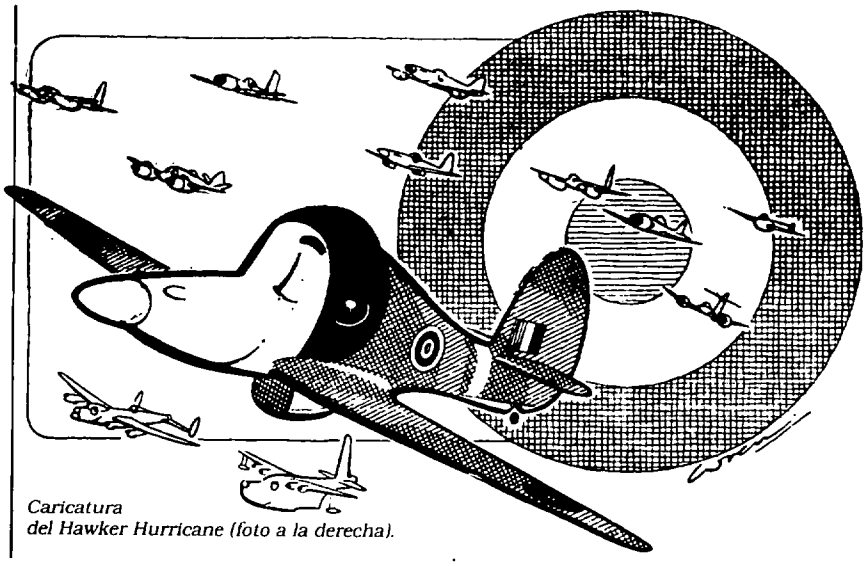
Una de las peculiaridades más importantes de los dibujos de Wren era la enorme fidelidad de los mismos, a los que incorporaba una serie de detalles increíbles, difíciles



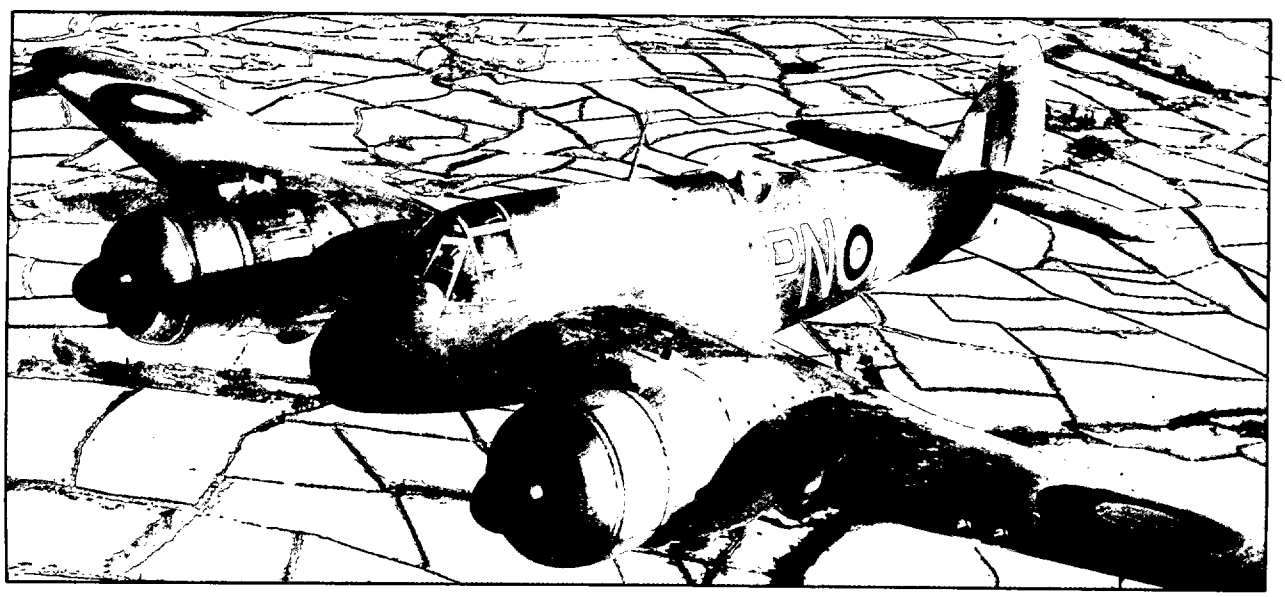
de conseguir, producto de un gran espíritu de observación y una gran facilidad de reproducción. Detalles, como el vestuario de las personas, que incluía frecuentemente en sus caricaturas, eran perfectamente reflejados. Y las caras eran auténticos retratos en las que se reconocían personalidades conocidas.

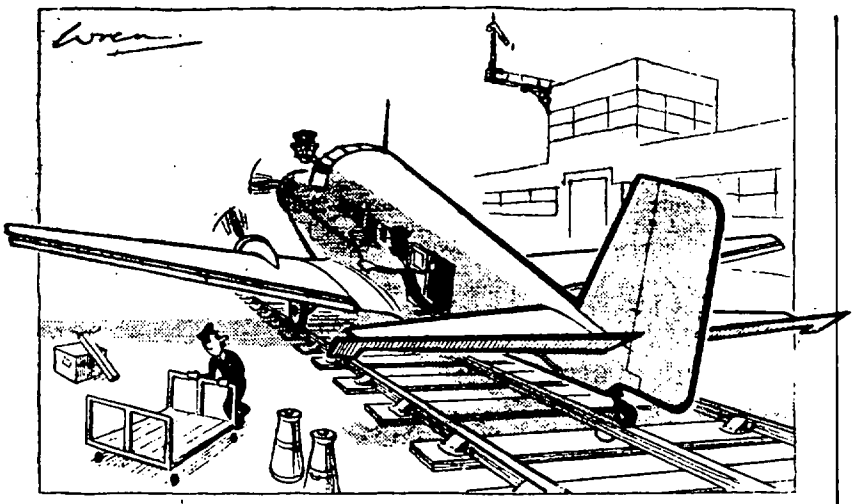
Si a esta habilidad con el lápiz se le une un humor excelente para realizarlos, el conjunto constituye una obra admirable. Los que trabajaron cerca de él dicen que era un placer, lo que no dudamos después de conocer su amplísima obra.

Después de la II G.M. trabajó para diversas publicaciones aeronáuticas, las cuales se beneficiaban de su gran caudal de inventiva que no tenía límites.



Caricatura del Hawker Hurricane (foto a la derecha).

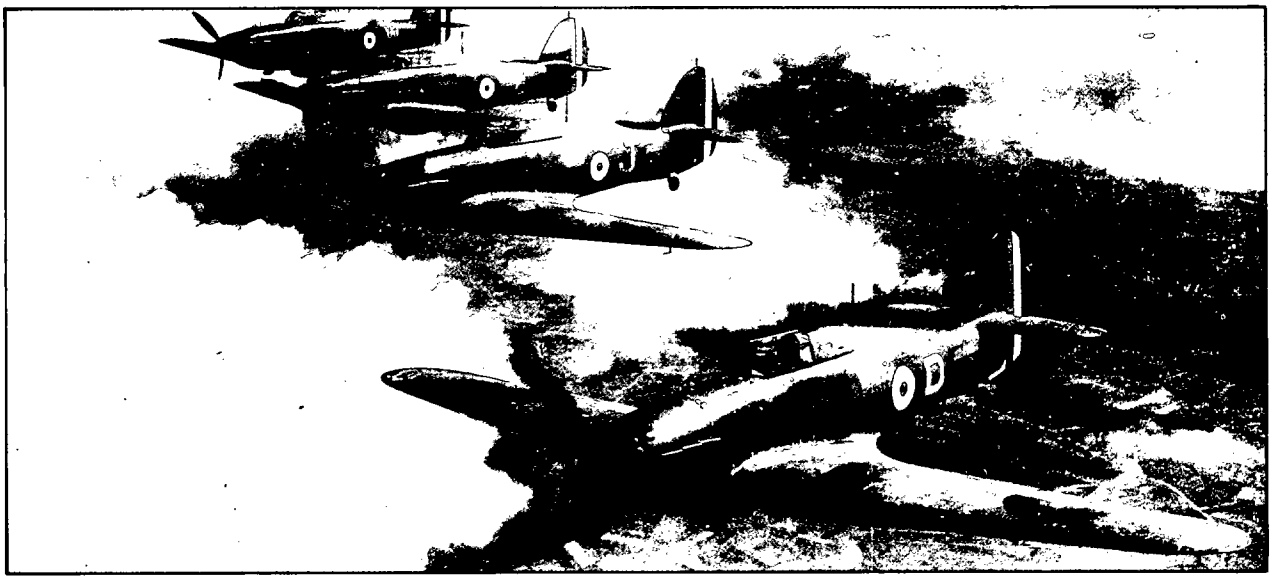


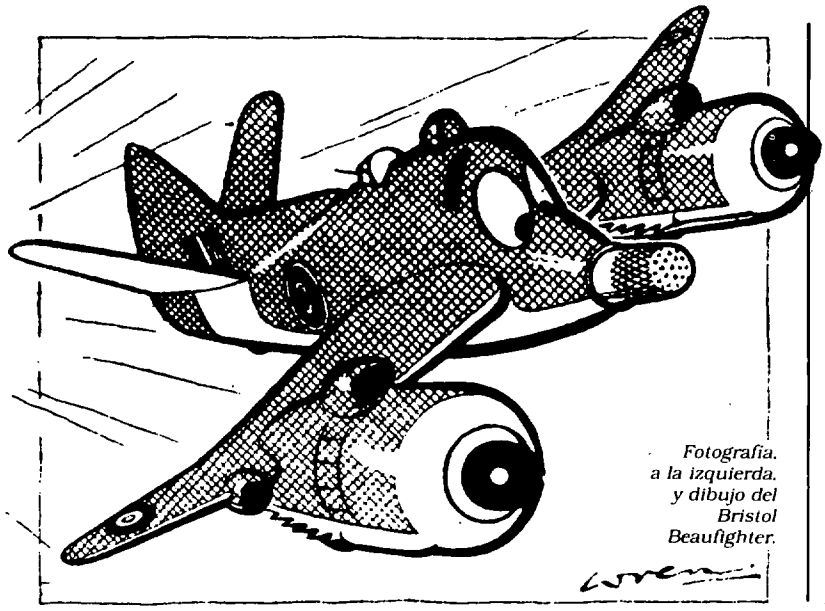


Caritura del JU-52 (a la izquierda fotografía del mismo avión).

Como admirador suyo —y del cual poseo dibujos originales— le solicité en 1982 un dibujo especial sobre globos —para mi "taberna"— pues, me encantó uno que sobre ese tema publicó en la revista "Touchdown", contestándome que precisamente ese no era suyo (patinazo). Pero es que llevaba su estilo de una forma que me confundió; es indudable que era uno de sus "alumnos" cosa que era lógica, pues, ha hecho escuela. Para mi descargo he de decir que ese dibujo no estaba firmado.

Con ese motivo me envió una carta, que se reproduce con éstas líneas, escrita poco antes de su





Fotografía, a la izquierda, y dibujo del Bristol Beaufighter.

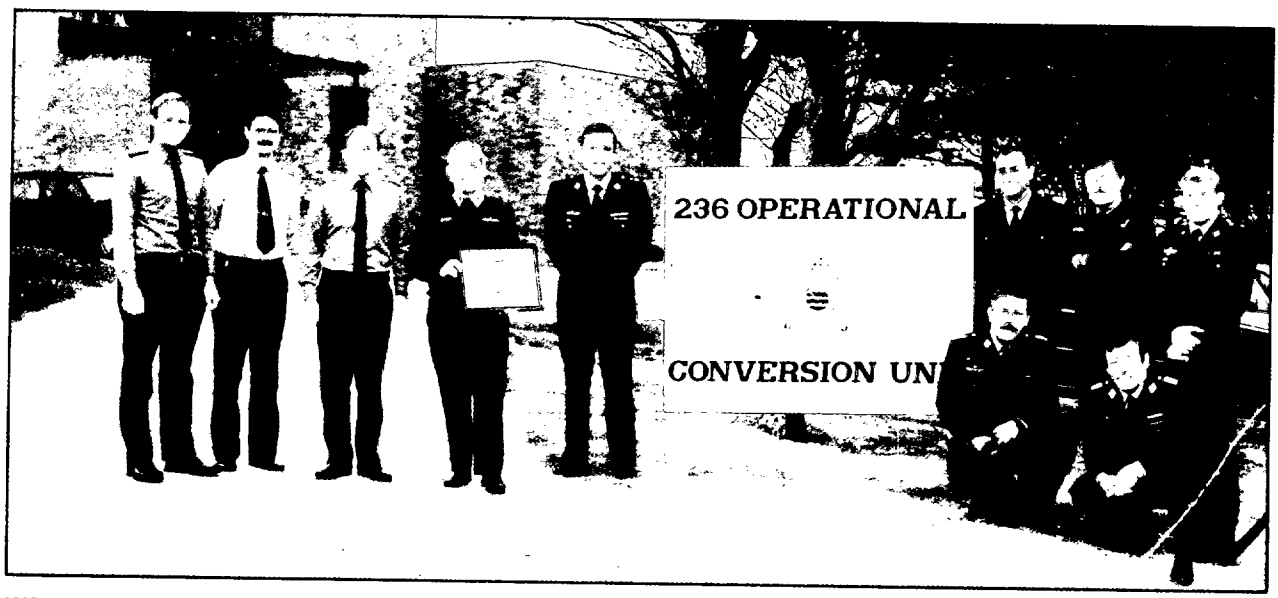
fallecimiento y que incluía su propia caricatura, innecesaria por haberle conocido antes personalmente, pero que constituye para mí un detalle de gran valor.

Wren se nos fue a los 74 años dejando tras de sí una extensísima obra difícil de superar; y como he dicho antes "creó escuela" que se ha hecho patente en los dibujos que aparecen desde hace tiempo en diversas publicaciones aeronáuticas, especialmente inglesas.

Como se puede comprobar, no sólo proyectando, construyendo o pilotando aviones se contribuye al desarrollo y divulgación de la Aeronáutica. También con el lápiz y las palabras —especialmente con el aditivo de un buen humor— se puede hacer una labor eficaz que perdure, como la del gran Wren. ■

VISITA DEL GENERAL 2.º JEFE DEL MANDO DE MATERIAL AL GRUPO DE ESCUELAS DE MATACAN. El General de División, 2.º Jefe del Mando de Material, don Antonio Espinosa Paredes, acompañado por el Director de Mantenimiento, General de Brigada (I.A.), don Ignacio Sáez de Buruaga y Dans, y una comisión de Jefes y Oficiales del MAMAT, efectuaron los días 16 y 17 de mayo una visita al Grupo de Escuelas de Matacán.

A lo largo de las dos jornadas, desarrolló extensas reuniones de trabajo, donde se le fueron exponiendo, por parte del Coronel don Miguel Ruiz Nicolau y los Tenientes Coroneles Jefes de los Grupos de la Base, la misión, organización y problemática del mantenimiento en la Unidad, así como las necesidades para mantener un nivel de operatividad adecuado a las exigencias del Ejército del Aire, finalizando con la visita a las distintas dependencias de la Base y a los que prestó gran atención, en especial a las últimas obras realizadas, Talleres Auxiliares y Banco de Pruebas de Motores, proyectos del Comandante (I.A.) don José Luis Carretero Díaz y del Teniente de Complemento (I.T.O.P.) don Luis Miguel Margüenda Tejera.



INTERCAMBIO TRIPULACIONES PATRULLA MARITIMA ROYAL AIR FORCE Y EJERCITO DEL AIRE. Como devolución a la visita efectuada a la Base Aérea de Jerez (Ala 22) por una tripulación del 236 (OCU) con base en St. Mawgan (Reino Unido), sede de 2 Escuadrones de NIMROD MK2 y de la Escuela de Patrulla Marítima del Reino Unido, una comisión compuesta por un Jefe, dos Oficiales y tres Suboficiales del 221 Escuadrón del Ala 22, permanecieron en Inglaterra entre los días 7 y 19 del pasado mes de mayo.

La unidad receptora fue el 236 OCU (Operational Conversion Unit), Escuela de adiestramiento para pilotos y tripulantes de Patrulla Marítima. En ella se recibieron conferencias sobre tácticas, técnicas y procedimientos actuales de Patrulla Marítima. Asimismo se efectuaron prácticas en simulador y en aviones NIMROD MK2.

También se tuvo la oportunidad de visitar las factorías THORN EMI y GEC AVIONICS de sensores electrónicos (Radar y Acústica), así como el Centro de Operaciones Aero-Marítimo de la NATO situado en NORTHWOOD (Londres).

Este ha sido el primer intercambio entre tripulaciones británicas y españolas de P.M., y se espera se repitan en años sucesivos.

EJERCICIO AVUTARDA/89

FRANCISCO NUÑEZ ARCOS,
Brigada MMA del Ejército del Aire
Fotos del Autor

DURANTE el mes de mayo se ha desarrollado un Ejercicio Conjunto, Terrestre y Aéreo, de larga duración, denominado AVUTARDA-89, en el que han intervenido Unidades de los Ejércitos de Tierra y Aire. El componente terrestre estaba formado fundamentalmente por la BRILAT y una Agrupación de Helicópteros. En el componente aéreo se integraban los Grupos DUMBO, GALLO, RENO, EBRO y el de Control Aéreo, y los equipos ALCE,s y CCT. Los aviones participantes en cada Grupo fueron los T-10 HERCULES del Ala 31, formando el DUMBO, los C-11 y CR-12 de las Alas 11 y 12, completando el GALLO, los T-9 CARIBOU del Ala 37, operando en el RENO, y, los C-15 del Ala 15, integrando el Grupo EBRO. Los equipos ALCE estaban formados en la Zona de Lanzamiento, Base Aérea de Zaragoza y Aeropuertos de RANON-ASTURIAS, LABACOLLA-SANTIAGO y ALVEDRO-LA CORUÑA. La AHEL realizó sus cometidos en el Ejercicio desde sus bases de ALMAGRO y AGONCILLO-LOGROÑO. La señalización de la L/Z estuvo a cargo de los CCT de la EATAM.

COMETIDOS DE LAS FUERZAS AEREAS

En aplicación del supuesto táctico y con el fin de que los Grupos DUMBO y RENO efectuaran las acciones de transporte aéreo con eficacia, se había asignado al Grupo GALLO la misión de realizar acciones de apoyo, fuego y reconocimiento, en beneficio de las operaciones de superficie; aviones del MACOM desempeñaron el papel de cobertura aérea a las formaciones de aviones de transporte. El Grupo de Control Aéreo estableció el Sistema Aerotáctico y la EATAM señalizó convenientemente la L/Z.

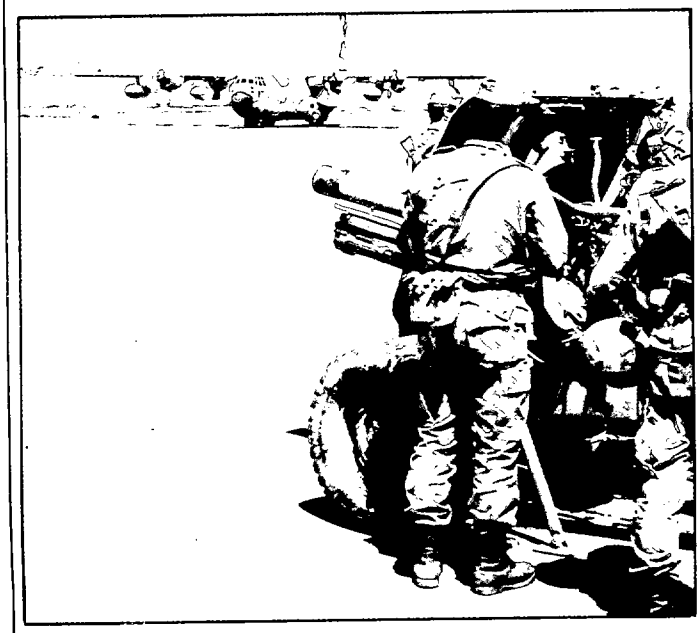
El Grupo DUMBO, que aportó 4 aviones T-10 del Ala 31 y sus correspondientes tripulaciones, realizó el aerotransporte de personal y material los días D y D + 1, contabilizando un total de 24 rotaciones y alrededor de 80 horas voladas. El peso total de la carga transportada a la L/Z, fue de casi 150.000 kgs., las personas trasladadas, más de 800, y 80 los vehículos depositados en la zona de desembarco en la Base Aérea de Zaragoza.

La aportación del Grupo RENO consistió en 2 aviones T-9, que realizaron 4 rotaciones el día D + 3, transportando 4.000 kgs. de munición y víveres.

El Grupo EBRO (C-15 del Ala 15), encargado de la protección aérea a las formaciones de transporte, realizó cuatro salidas, efectuándose tres interceptaciones de aviones enemigos que se aproximaron a las rutas de entrada.

Los aviones CR-12, del Ala 12, efectuaron el apoyo aéreo por el reconocimiento y realizaron seis misiones; el apoyo aéreo por el fuego fue efectuado por siete C-11, del Ala 11, que sumaron un total de 41 misiones.

Como conclusión final puede establecerse que el Ejercicio se desarrolló de acuerdo con las previsiones y que la seguridad del personal y el material estuvo en todo momento por encima de cualquier otro tipo de consideración. Una vez más el personal, tanto de vuelo como de tierra, del componente aéreo, se volcó, para que el Ejercicio saliera perfecto, dando muestras por enémisa vez de un elevado grado de entrenamiento y profesionalidad.



Esperando el transporte.

... y cuatro minutos después.

RECORDANDO UN HOMENAJE

(Crónica desde LALIN)

JULIAN FERNANDEZ TORREGROSA,
Comandante de Aviación

VEINTITRES de junio de 1927. Tras tres días de accidentado vuelo, pues hubo de cambiar de aparato en Burgos, aterrizar en León y Monforte, el Capitán de Artillería, Piloto Militar, don JOAQUIN LORIGA TABOADA, llegaba a Lalín para ser homenajeado por sus paisanos por la proeza realizada al completar el vuelo Madrid-Manila.

Ese día, cuentan las crónicas de la época, aterrizó en el Toxo, lugar habilitado como aeródromo y en el que le vitorearon miles de personas. Esas mismas crónicas nos dicen que "el apretado programa de actos finalizó con una exhibición aérea de cerca de media hora".

61 años más tarde la historia casi se repetía, aunque evidentemente los protagonistas no eran los mismos. La Diputación Provincial de Pontevedra y el Ayuntamiento de Lalín organizaron unas jornadas de homenaje a la figura del ilustre hijo de la Villa, don Joaquín Loriga Taboada, para lo que se pidió la colaboración del Ejército del Aire y otros organismos civiles y militares.

La colaboración prestada por el Ejército del Aire consistió en montar una exposición, que con maquetas, dioramas, elementos de aviones y otros utilizados para operaciones de búsqueda y salvamento, acercaba a la población al Ejército, y los medios para una exhibición aérea.

La Diputación Provincial de Pontevedra editó un libro, primero de una serie dedicada a los Hijos Ilustres de la Provincia, titulado "O AVIADOR LORIGA". Este libro editado en gallego es obra de Daniel González Allén, vecino también de Lalín.

El antiguo campo de aterrizaje del TOXO, fue rehabilitado para que en él se pudieran ver saltos de paracaidistas, vuelo de ultraligeros y aeromodelos, tanto en vuelo circular como acrobático, actos organizados y coordinados por la Federación Gallega de Deportes Aéreos.

La inauguración de una calle peatonal en la Villa de Lalín, que llevaba el nombre del ilustre aviador, abría los actos del día 18, dedicados a ensalzar la figura del héroe. Los invitados de honor fueron el Embajador de España en París, don Juan Durán Loriga, descendiente del piloto y el Capitán General de la 1.ª Región Aérea, don Gonzalo Gómez Bayo, quien ostentaba la representación del Jefe del Estado Mayor del Aire.

Frente al monumento que recuerda el histórico vuelo, obra del escultor gallego Asorey, fueron pronunciados breves discursos que glosaron la figura de LORIGA, como aviador, como persona y como hijo de la ciudad de Lalín.

Al igual que en 1927, una exhibición aérea cerró la apretada jornada, si bien duró "algo más de media hora". A las nueve de la mañana comenzaba el Bautismo del Aire de cincuenta

El Embajador de España en París (a la derecha) y el Presidente de la Diputación Provincial de Pontevedra y el Alcalde de Lalín (a la izquierda) ante el monumento a Loriga.

niños de la villa que tuvieron la oportunidad de ver su tierra desde el aire. El Superpuma del 803 Escuadrón realizó a continuación una exhibición de rescate de un supuesto náufrago, y mostró la capacidad y maniobrabilidad de este aparato que tantas vidas salva en la zona gallega.

Un CI-215 Canadair del 43 Grupo dió una pasada descargando agua sobre un supuesto incendio, poniendo de manifiesto la cantidad y precisión con que puede ser arrojada el agua para colaborar en las labores de extinción.

La emoción subió unos cuantos puntos, cuando en el cielo se perfiló la silueta de dos C-15 que, con "todo el trapo fuera", mostraron la capacidad para volar lentamente; una pasada a más velocidad y una tercera subiendo rápidamente a su nivel de crucero, sirvieron para que se fuera "animando el cotarro".

Las miradas en el cielo estaban todavía escudriñando los F-18, cuando en él apareció la silueta de un Aviocar del que se descolgaron los miembros de la PAPEA, que con sus vistosos paracaídas, evoluciones y precisión, cayendo en un mínimo espacio a los pies de los espectadores, arrancaron fortísimos aplausos y exclamaciones de admiración ante algo que nunca pudieron imaginar.

¡Ahí están!, fue el grito que se oyó cuando algunos espectadores descubrieron en el horizonte los siete C-101 de la Patrulla Aguila de la Academia General del Aire, en perfecta formación. Las distintas maniobras, cruces, roturas y reuniones fueron constantemente aplaudidas, causando auténtica admiración y embeleso.

El Teniente General Gómez Bayo durante la alocución en el acto de homenaje a Loriga.

No sería justo omitir en este resumen algo que causó una profunda impresión entre los espectadores, y es la precisión con que los distintos medios aparecían en el cielo "ajustándose al segundo al programa". La labor oculta y silenciosa de un coche de comunicaciones del SAR, el "Jarama", conseguía hacer realidad el ajuste y la coordinación del movimiento aéreo.

La ofrenda de una corona de flores en la Capilla del Santuario de Corpiño, ante la lápida que recuerda el primitivo lugar donde reposaron los restos de JOAQUIN LORIGA, dió fin a los actos en el día central del homenaje al ilustre piloto. Realmente, fin del todo no, pues como nos contaban las crónicas del principio de este relato, también aquí hubo un concierto a cargo de la orquesta y coral municipal que sirvió de aperitivo en un día casi tórrido, tanto por la temperatura exterior como por el calor con que el Ejército del Aire fue tratado, a una comida ofrecida a todos los participantes en los actos y en la que como en 1927, no faltaron las "rosquillas de Silleda".

La jornada fue una auténtica demostración de cariño y afecto por parte de toda una comarca hacia su hijo ilustre y los hombres que hoy forman el Ejército del Aire. ■

Bautismo del aire de escolares de distintos colegios de Lalín.

EL CORONEL PEREZ RIBELLES, DEL CUERPO DE SANIDAD DEL EJERCITO DEL AIRE, DIRECTOR DE LA REVISTA DE SANIDAD MILITAR

EL coronel médico don Vicente Pérez Ribelles, destinado en la Asesoría Médica del Aire, ha sido nombrado recientemente Director de la Revista Medicina Militar (Revista de Sanidad de las Fuerzas Armadas de España).

El capitán médico don Mario Martinez Ruiz, destinado en el Servicio de Medicina Interna del Hospital del Aire, y vocal de Sanidad del PADEA (Plan Antidroga del Ejército del Aire), ha obtenido el título de Experto en Drogodependencias, por la Universidad Complutense de Madrid y la Fundación de Ayuda contra la Drogadicción, de la que es Presidente el Teniente General don Manuel Gutiérrez Mellado.

Alianza Atlántica/Pacto de Varsovia

Por E.Z.M.

BOMBARDERO B-2

El nuevo bombardero B-2, de características Stealth, realizará su primer vuelo en las próximas semanas, según ha declarado un portavoz del Pentógono.

ARMAMENTO NUCLEAR DEL TORNADO

Los cazabombarderos Tornado británicos llevan actualmente como armamento nuclear las bombas WE-177 de caída libre (no guiadas), de fabricación británica. Esta nación, según se ha sabido recientemente, firmó el 1 de diciembre de 1988, un acuerdo (Mermorandum of Understanding) con Estados Unidos, para desarrollar un misil aire-tierra de características "stand-off" (básicamente, que no es necesario que el avión siga aproximándose al objeto una vez lanzado el misil), con un radio de acción de alrededor de 500 Kms. Este nuevo misil reemplazaría a las ya antiguas bombas WE-177, en servicio en los Tornado, aproximadamente hacia el final de la próxima década.

FRANCIA Y EL ACCS

El Consejo del Atlántico Norte, durante una de sus reuniones a finales del mes de junio, ha tratado el desarrollo del sistema ACCS y la participación de Francia en el programa. Como ya es sabido, Francia ha decidido negociar con las autoridades aliadas los términos de su participación en el ACCS. Este sistema reemplazará a finales de los años 90 a la antigua red NADGE, de defensa aérea, de la cual Francia sigue formando parte a pesar de su retirada de la estructura militar integrada.

El Ministro de Defensa francés, Sr. Chevenement, contestando a una pregunta parlamentaria ha declarado que "la participación de Francia en el programa no se decidirá más que si es compatible con los principios que fundamentan su posición independiente en el seno de la Alianza Atlántica", y que "la participación de Francia no afecta la autonomía de la defensa aérea francesa", "los flujos de información intercambiados con los aliados podrían, llegado el caso, ser interrumpidos", por supuesto "los centros de mando permanecerán puramente nacionales".

El sistema ACCS deberá comenzar a acometerse a partir de 1991, y la OTAN debe tomar una decisión en este sentido en los próximos meses. Se trata de un programa, no sólo de detección aérea, sino de mando y control de la batalla aérea en coordinación entre los aliados.

PRESIDENCIA DEL EUROGRUPO

Después de un período de presidencia turca, el Ministro de Defensa español asumirá la presidencia del Eurogrupo. La primera reunión bajo presidencia española tendrá lugar el próximo mes de diciembre. Anteriormente España, en la persona del Sr. Serra, había presidido el Grupo Europeo Independiente de Programas.

CENTRO DE ENTRENAMIENTO DE CAZAS TACTICOS DE LA OTAN

Con ocasión de la reunión semestral del Eurogrupo, el 7 de junio pasado, los Ministros de Defensa discutieron el asunto del establecimiento de un centro de entrenamiento de cazas tácticos de la OTAN. Actualmente compiten dos posibles emplazamientos: Konya en Turquía y Goosebay en Canadá. Los países aliados están estudiando las características de cada uno de estos dos emplazamientos y sus ventajas e inconvenientes, y pretenden tomar una decisión definitiva en la siguiente reunión ministerial del Eurogrupo (diciembre próximo). Para llevar a cabo estos estudios se ha creado una Oficina de Proyecto en la que trabajan unas cincuentas personas, con un presupuesto de 2,7 millones de dólares. Esta Oficina definirá los criterios del proyecto, cómo se realizarán los vuelos de entrenamiento, los costes operativos del programa, etc... El coste del establecimiento de este centro se ha estimado en mil millones de dólares, que serán financiados por los países participantes de forma proporcional al número de horas de vuelo que efectúen anualmente.

ENSAYOS NUCLEARES FRANCESES

El 3 de junio, Francia realizó una prueba nuclear en el atolón de Mururoa, detonando un ingenio de una potencia de 20 KT. Siete días más tarde realizó una nueva experiencia, igualmente subterránea, con una potencia estimada de 70 KT, que hizo el número 107 de sus pruebas nucleares. Francia viene realizando ocho ensayos anuales y piensa reducirlos a seis a partir del próximo año.

TRASLADO DEL ALA 401 A ITALIA

Se había especulado con la posibilidad de que el Ala táctica 401 que tiene previsto su traslado de Torrejón a Italia, financiado principalmente por la Infraestructura OTAN, fuera parte de la reducción del 15% en los medios aéreos anunciada por el Presidente Bush. El General Galvin, Comandante Supremo Aliado en Europa, en una visita al Ministro de Defensa italiano, Sr. Zanone, confirmó que no había variado la importancia vital de mantener los F-16 en la defensa del flanco sur de la OTAN y que comenzarían los preparativos del traslado en otoño de este año.

UNION EUROPEA OCCIDENTAL

El Ministro turco de Defensa, General Safa Giray, ha declarado en una conferencia de prensa, que su país desea adherirse sin demora a la UEO. Grecia tiene igualmente solicitada su adhesión a esta organización.

¿sabías que...?

...por R.D. 657/89, de 9 de junio, se adaptan los porcentajes de cotización de los mutualistas y de aportación del Estado a la Mutualidad General de Funcionarios Civiles del Estado, al ISFAS y a la Mutualidad General Judicial, conforme a lo establecido en la disposición final quinta de la Ley 37/88, de 28 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para 1989?

...el porcentaje de cotización del personal militar en activo y asimilado integrado en el ISFAS, se fija en el 1,42% sobre los haberes reguladores a efectos de cotización de Derechos Pasivos?

...la cuantía de la aportación del Estado regulada en el artículo 36 de la Ley 28/75, representará el 4,02% de los haberes reguladores a efectos de cotización de Derechos Pasivos?

* * *

...y más noticias de CASA...
esta empresa ha vendido a la norteamericana Fairchild la licencia de fabricación del avión C-212 "Aviocar", según se ha anunciado en el Salón de Le Bourget (Francia)?

...el acuerdo faculta a la empresa Fairchild para vender este avión de uso civil y militar en el mercado de los Estados Unidos, en donde ya operan 45 de estos aparatos vendidos directamente por la empresa española?

...Fairchild fabricará entre 50 y 200 ejemplares de C-212 "Aviocar" en una de las empresas subsidiarias, la Crestwiew Aerospace Co., con sede en Florida, que podrá vender en los próximos cinco años, básicamente a las Fuerzas Armadas estadounidenses y a agencias gubernamentales?

* * *

...la compañía aérea francesa Air France ha comprado un paquete de 33.000 acciones de la compañía austriaca Austrian Airlines, este paquete supone el 1,5% del capital de la compañía austriaca?

...también tienen capital en dicha compañía, Swissair con el 8% y la japonesa All Nippon Airways con el 3,5%?

* * *

...la compañía aérea alemana Lufthansa consiguió el pasado año transportar 19,4 millones de pasajeros, de los que unos 700.000 correspondieron a vuelos entre España y Alemania?

...en el presente año, Lufthansa ha incrementado sus vuelos entre las dos naciones, que totalizarán 71 vuelos semanales?

* * *

...Alitalia (Líneas Aéreas Italianas Spa) obtuvo un beneficio neto en el año 1988 de 52.500 millones de liras, de los que hay que descontar la asignación de la reserva legal de 2.600 millones de liras?

...de los 49.900 millones de liras se han repartido de la siguiente forma: 16.400 millones de liras para dividendos de los accionistas y el resto, 33.500 millones de liras ha sido desglosado del siguiente modo: 23.000 millones de liras para constituir un "Fondo de beneficios para inversiones en el Mezzogiorno" y 10.500 millones para "Reserva extraordinaria"?

* * *

...por la Ley de 8 de agosto de 1939 se modifica la organización de la Administración Central del Estado, creándose por primera vez en nuestra nación el Ministerio del Aire?

SEMBLANZAS

EMILIO HERRERA ALONSO, Coronel del Arma de Aviación

ANTONIO CAMACHO BENITEZ

(1892-1975)

En el otoño de 1924, pocas semanas después de iniciada en la línea del Lau la ofensiva enemiga que levantó en armas a los indígenas de la zona ocupada, quedando consecuentemente aisladas numerosas posiciones, decidió el general Primo de Rivera que las guarniciones de aquéllas que no fuera fundamental mantener, fueran recogidas y evacuadas por fuertes columnas organizadas para esta misión, y que entretanto esto se realizaba, mantuviera la Aviación abastecidos a los sitiados. La maniobra de lanzamiento de socorros presentaba grave riesgo para los aviadores, ya que los moros, para quienes eran conocidas las obligadas direcciones de las pasadas para precisar los lanzamientos en los reducidos perímetros de las posiciones, se apostaban en ribazos y peñascos en los puntos forzosos de paso para desde muy cortas distancias acribillar a los aviones, ocasionando bajas entre los aviadores y daños, a veces muy graves, en los aparatos.

El 10 de octubre, el capitán Camacho y el teniente Rodríguez "Cucufate" realizaban una misión de abastecimiento a la posición de Ain Rapta, en la zona de Xauen. El avión, cogido por el fuego cruzado de los certeros tiradores moros, recibió varios impactos que hirieron a Camacho y causaron averías graves en el motor; aquél, luego de largar los bultos que quedaban, sobre la posición, trató de regresar al aeródromo, pero no logrando ganar altura, al llegar al puesto de Teffer, aunque estaba sitiado, tomó tierra y empotró el avión en la alambrada, refugiándose ambos aviadores en aquél, y participando en su defensa hasta el 11 de noviembre, en que fueron evacuados por una columna que, en retirada, se abría paso hacia Mexerach. El capitán Camacho recibiría la Medalla Militar.

Había nacido Antonio Camacho Benítez en Málaga, el 24 de mayo de 1892. Ingresó en la Academia de

Intendencia en 1910 y promovido a alférez tres años más tarde, se incorporó a las fuerzas de Marruecos, donde prestó servicio hasta 1920, en que pasó a Aviación, formando parte de la promoción convocada por el general Echagüe para formar 100 pilotos entre oficiales del Ejército.

Tras realizar el correspondiente curso en Cuatro Vientos, y recién ascendido a capitán, fue en 1921 destinado a Marruecos, al 4.º Grupo, de Melilla, y con él participó en la campaña para recuperar las posiciones perdidas en el verano anterior. Tomó parte activa en los combates para levantar el cerco de Afrau, en noviembre de 1922, cuando la Aviación, con sus ataques rasantes a los sitiadores, mantuvo defendida la posición hasta la llegada de las columnas de socorro, cincuenta horas después; combatió en la llanada de Tafersit en mayo de 1923, y aquel mismo mes realizó abastecimientos a las cercadas posiciones de Tizzi Assa y Tizzi Alma, y apoyó a las columnas de socorro, y tres meses más tarde, cuando la posición de Tifarauin fue cercada, estuvo entre los aviadores que derrochando bravura, lograron mantener abastecida a la posición y abrieron camino a las columnas que liberaron a los defensores, a costa de cuatro aviones derribados, cuatro aviadores muertos y tres heridos, y todos los aviones alcanzados. En aquella operación realizaría la Aviación 225 salidas, arrojando 15 toneladas de bombas y 2 de suministros.

Tomó parte el capitán Camacho en las operaciones de desembarco en la bahía de Alhucemas y en el avance subsiguiente que dio como resultado la ocupación de la belicosa kábila de Beni Urriaguel. Fue ascendido a comandante en 1925, por méritos de guerra, y a teniente coronel en 1927, siendo este año nombrado gentilhombre de Cámara de S.M. el Rey.

En 1929 recibió el mando del Grupo de Hidros de Los Alcázares, y en 1930 causó baja en Aviación por haber participado en la sublevación de Cuatro Vientos. A la llegada de la República fue nombrado Jefe de la Aviación de Marruecos, y en 1932 estuvo interinamente al frente de la Jefatura de Aviación con gran satisfacción del personal de las Fuerzas Aéreas. Fue nombrado en 1933 Jefe de la 1.ª Escuadra, y con ella participaría en octubre de 1934 en las operaciones para someter a los revolucionarios de Asturias, recibiendo la Escuadra la Medalla Militar Colectiva, y dos de sus miembros, la Individual.

Ferviente republicano, se mantuvo fiel al Gobierno en julio de 1936, siendo nombrado Subsecretario del Aire en el Gobierno de Largo Caballero; magnífico organizador, unificó las Aviaciones, creó escuelas y talleres y formó ocho Regiones Aéreas.

En la reunión de Los Llanos en febrero de 1939, Camacho se manifestó opuesto a continuar la guerra, y unos días más tarde apoyó al coronel Casado en su golpe de estado, contra los comunistas, dirigido a lograr la paz.

Acabada la guerra se exilió en Londres, pasando luego a Méjico, donde moriría en 1975. ■

La aviación en el cine

VICTOR MARINERO

AVIADORES-CINEASTAS:

James Stewart, nacido en 1908 en Indiana, Pensilvania, EE.UU., es una de las más destacadas figuras del cine relacionado con la aviación. Estudiante de arquitectura en la Universidad de Princeton, fundó la compañía de aficionados University Players; de la que también formaba parte Henry Fonda. Hollywood "le echó el ojo" y lo atrajo para sí. Con tal acierto que Stewart destacó en un amplio repertorio de filmes. Y aparte de obtener el "Oscar" en 1940, fue nominado otras 5 veces como "mejor actor".

Tomó parte activa en la Segunda Guerra Mundial como piloto-bombardero, retirándose con el grado de Coronel. De su participación en películas de tema aeronáutico citaremos, indicando los años de producción, los siguientes títulos:

1947. *"Thunderbolt"*. Es una serie documental sobre la guerra en el aire, dirigida por William Wyler y John Sturges. Producción Anagram-U.S. Army Air Force. Pero ¡ojo! porque con este mismo título se había producido en 1929 (dirigida por Josef von Sternberg) "una de gangsters", por la que George Bancroft obtuvo su 2.º Oscar como mejor actor.

1951. *"Momentos de peligro"* (No Highway in the Sky), dirigida por Henry Koster, con argumento del también aviador Nevil Shute. Al referirnos a éste, ya la comentamos.

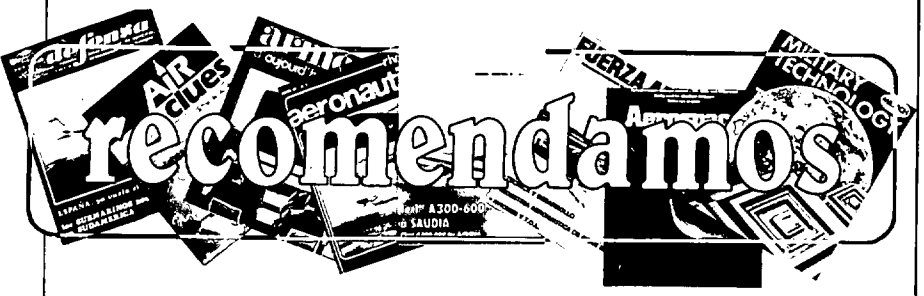
1955. *"Mando Aéreo Estratégico"* (Strategic Air Command), dirigida por Anthony Mann, presenta a Stewart como el jugador de "baseball" Robert "Dutch" Holland; personaje real, que abandonó fortuna y arriesgó su vida para actuar como piloto de la USAF en Corea. El argumento, de Valentine Davies y Beirne Lay, fue "nominado", y los críticos estadounidenses concedieron al filme su "National Board of Review Awards" del año.

1957. *"El héroe solitario"* (The Spirit of St. Louis), constituyó el mayor éxito de Stewart, personificando nada menos que a Charles A. Lindbergh ("Lindy"), autor del libro en que el propio "maestro" narra su hazaña con el aparato en que, por primera vez, se cruzó —en directo y solitario—, el Atlántico Norte, de Oeste a Este. El director, William Wilder, tenía gran experiencia en la producción de filmes aeronáuticos; puesto que, además de ser aviador, se había encargado de la propaganda de guerra con ambiente aéreo, durante la contienda mundial —con categoría de Teniente Coronel—, así como Capra se hizo cargo de la ambientación terrestre y Ford de la naval. Si Lindbergh tardó 14 años en escribir la historia, la producción no paró en tiempo ni en gastos. Además de 50 autos, 40 motos y 30 "bicis", se emplearon 6 aeroplanos de 1927 auténticos, aparte de los reproducidos especialmente para el caso. Paul Mantz se encargó de reconstruir el aeroplano Ryan, "coprotagonista" del relato. Tanto "Lindy" como Stewart habían sido ya nombrados Generales de la Reserva y su semejanza física era evidente. La descripción del vuelo de 3.600 millas (en 33 horas y media) Nueva York-París, resulta un poquito "cansona". Pero, así como el libro había alcanzado el premio Pulitzer en 1953, ahora el filme se calificó en el 57 (en América) con el número 3, entre "Los diez mejores"; obteniendo el récord de taquilla 1956-57. Este, compartido con "Alrededor del mundo en 80 días" (Around the World in 80 days), de Michael Todd, protagonizado por "Cantinflas" y que se consideró el mejor del año".

1965. *"El vuelo del Fénix"* (The Flight of the Phoenix), de Robert Aldrich. Aquí Stewart es el piloto de un avión industrial, mixto de carga y pasaje, que se estrella en el desierto norteafricano, por culpa de la borrachera del observador que además "se carga" la radio. De los expedicionarios que salen en busca de agua, sólo regresa uno, y de vacío. Menos mal que al ingeniero-diseñador Dorfmann (Hardy Kruger) se le ocurre transformar al bimotor en monomotor, aprovechando las piezas que quedaron utilizables. Y aunque sufren algunas bajas a manos de una partida de árabes, el resto de la tripulación y pasajeros consigue despegar amarrándose a las alas del aparato, "resucitado" a pequeña escala. En la filmación —realizada en un desierto californiano— un Fairchild C-82, procedente de la Segunda Guerra Mundial se partió en dos, precipitándose al suelo y causando la muerte del piloto Paul Mantz.

1977. *"Aeropuerto 77"* (Airport '77). Director: Jerry Jameson. Un vuelo especial, en el que el presidente de una compañía industrial se traslada con su magnífica colección de obras maestras de la pintura, es desviado por unos atracadores hacia una isla apartada. Un fallo de la instalación hace que el aparato caiga al mar y se hunda, aunque sus ocupantes se salvan. Stewart, aparece en segundo lugar del cartel, encabezado por Jack Lemon. 69 años pesan ya para un ex-galán. Quien, por otra parte, mantiene su encanto personal como intérprete. Sin embargo, pese a que los "Aeropuertos" cinematográficos ya empezaban a resultar cansones, se filmarían otros cuatro, llegando a un total (hasta ahora) de diez (el segundo, curiosamente, español). Más otros cuantos del mismo ambiente. Estamos seguros de que —y ello es lógico y hasta apetecible—, si se logran bien seguirá la racha indefinidamente. En especial, cuando aparezca un nuevo modelo de avión, más o menos espectacular.

De todos modos, lo que aquí nos interesa resaltar es la intensa y relevante participación del General Stewart en la aviación y el cine. ■



Por R.S.P.

AIR DEFENCE TECHNOLOGY AND DETERRENCE

Major General Michael A. Nelson

NATO'S SIXTEEN NATIONS — VOL. 34 — NUM. 1

Ahora mismo, en tiempo de paz, la NATO se halla permanentemente empeñada en una batalla con el Pacto de Varsovia. Una batalla de inteligencia, ideas e ingenio, que se traduce principalmente, en tecnología.

Este esfuerzo de Occidente es el que, en opinión del articulista, está evitando la batalla real. Si el Pacto de Varsovia dispone de la masa, la NATO debe imponerse por el cerebro.

Esto significa el ir siempre por delante en tecnología, cosa que Occidente puede hacer y que es relativamente económico.

Partiendo de estas premisas, el articulista pasa revista a los puntos principales en los que hay que hacer el máximo esfuerzo en investigación y modernización, ya que, por razones financieras, no es posible atender a todo lo que la tecnologia podría, hoy, dar a luz. El problema no es técnico, sino económico, y, la clave del éxito, para el autor, está en acertar con la selección adecuada de las opciones tecnológicas. La lista de programas que selecciona el artículo, puede tomarse como una opinión autorizada sobre las prioridades más urgentes o adecuadas al momento actual.

LO POSITIVO DE LO NEGATIVO DE LA GUERRA FRIA

Antonio de Querol Lombardero

BOLETIN DE INFORMACION DEL CESEDEN — NUM. 213

No discute el Coronel De Querol la maldad intrínseca de la guerra fría, pero desglosa y pormenoriza una serie de circunstancias, actitudes y situaciones positivas, a las que dicha confrontación, en su opinión, ha dado lugar.

El trabajo es ingenioso y original, con algo de ensayo literario en su fondo, ya que, en absoluto en su forma.

A través de su prisma particular, analiza el autor las supuestas influencias benéficas de cuestiones tales como el comunismo, el anticolonialismo, el pacifismo, la carrera de armamentos y la perestroika, hasta el punto de que el lector se siente inclinado a pensar que, efectivamente, no hay guerra fría que por bien no venga.

SISTEMAS DE ALERTA PREVIA

Jaime Corral Ruiz

TECNOLOGIA MILITAR — NUM. 3 — 1989

Artículo descriptivo. Tema: Vigilancia del espacio aéreo a distancia. Más concretamente: Descripción del sistema aerotransportado de alerta previa de la OTAN.

Para comenzar: una sucinta historia sobre la necesidad y la génesis del sistema. A continuación se describen sus misiones y sus posibilidades. Se resaltan las ventajas sobre los radares terrestres de la defensa y se expone la Organización de la Fuerza Aerotransportada de Alerta Previa de la OTAN (NAEWF).

Se incluye información sobre el programa y los centros de instrucción y adiestramiento, y una descripción muy acabada sobre el principal avión que se emplea para este tipo de misiones: el E-3A SENTRY, con una relación de todos sus subsistemas.

Termina el artículo haciendo referencia a otros sistemas como el E-2 HAWKEYE; el P-3 SENTINEL; el SKYMASTER y el PHALCON israelí, así como a los intentos, hasta ahora fallidos, de crear sistemas más económicos.

ITALY: BECOMING A MODEL ALLY?

Ministro de Defensa, Valerio Zanone — Brigitte Sauerwein

INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW — VOL. XXII — 5/1989

A la pregunta —claramente capciosa— que encabeza esta entrevista y que le hace INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, al Ministro de Defensa italiano, responde Valerio Zanone que, lo que ocurre, es que la conciencia que tiene Italia de su responsabilidad como nación mediterránea que desea la estabilidad mundial, justifica con creces el despliegue de misiles de crucero en territorio italiano, la intervención de la flota italiana en el Golfo Pérsico y la designación de bases para los F-16 norteamericanos que abandonaron Torrejón.

Explica el Ministro el "Plan Zanone", para fortalecer, en 10 años, las fuerzas armadas italianas; la necesidad de adaptar el GARIBALDI a los HARRIER, por carecer de recursos para un nuevo portaaviones; y sus puntos de vista sobre las iniciativas de Gorbachov, la integración económica europea y la modernización de las armas nucleares tácticas de la OTAN.

RAAF WRITES ITS DOCTRINE

Brian Cavanagh

AIR CLUES — VOL. XLIII — NUM. 4 — Abril 1989

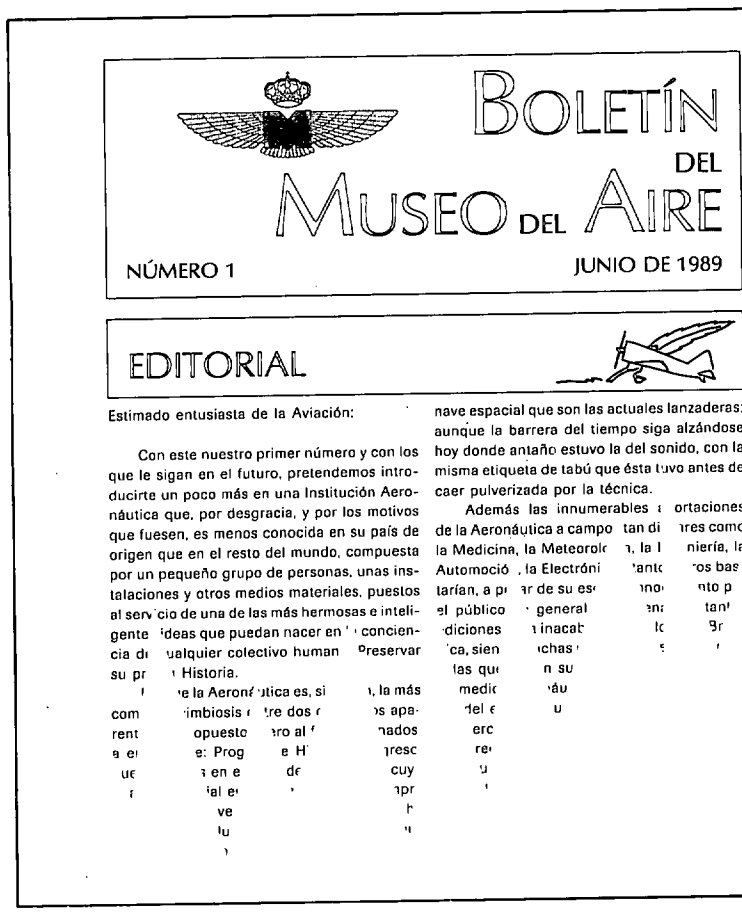
Las Reales Fuerzas Aéreas Australianas (RAAF) están escribiendo su propia doctrina.

El caso de Australia es sintomático. Son muchos los países que, en doctrina aérea, viven de prestado. Lo cual es incoherente, ya que se nutren de preceptos doctrinales —a veces incluso obsoletos— que proceden de otras naciones, generalmente mucho más poderosas y que, por lo tanto, son improcedentes para sus condiciones geoestratégicas.

En Australia se basaron, en un principio, en el Manual de Operaciones AP-1300, de la RAF, más tarde, en la doctrina aérea de los Estados Unidos, hasta que hoy, al fin, el Jefe del E.M. del Aire ha nombrado un equipo para que desarrolle y escriba su propia doctrina. Este equipo, al mismo tiempo, habrá de establecer los medios para que su doctrina se vea continuamente revisada y puesta al día, ya que, si bien los principios fundamentales son permanentes, el otro componente de la doctrina, que es la inserción de conceptos innovadores, debe fluir sin cesar.

El jefe de este equipo es el autor del artículo que recomendamos. Hace, en él, una serie de consideraciones sobre la esencia de la doctrina aérea y los métodos para su desarrollo. Afirma, que es preciso singularizarla, no sólo en el propio país, sino, incluso, en cada servicio armado y compagina teoría y aplicación práctica, con la seriedad de quien tiene sobre sus hombros la responsabilidad de la creación de la doctrina aérea de su país. ■

Bibliografía



BOLETÍN DEL MUSEO DEL AIRE

NÚMERO 1 JUNIO DE 1989

EDITORIAL

Estimado entusiasta de la Aviación:

Con este nuestro primer número y con los que le sigan en el futuro, pretendemos introducirte un poco más en una Institución Aeronáutica que, por desgracia, y por los motivos que fuesen, es menos conocida en su país de origen que en el resto del mundo, compuesta por un pequeño grupo de personas, unas instalaciones y otros medios materiales, puestos al servicio de una de las más hermosas e inteligente ideas que puedan nacer en la conciencia de cualquier colectivo humano. Preservar su pr Historia.

e la Aeronáutica es, si , la más com imbiosis tre dos s apa- rent opuesto ro al nados e: Prog e H resc e en e de cuy ial e pr ve h lu

nave espacial que son las actuales lanzaderas; aunque la barrera del tiempo siga alzándose hoy donde antaño estuvo la del sonido, con la misma etiqueta de tabú que ésta tuvo antes de caer pulverizada por la técnica.

Además las innumerables ortaciones de la Aeronáutica a campo tan di ires como la Medicina, la Meteorolo , la I nieria, la Automoció , la Electróni ant os bas tarían, a p r de su es no nto p el público general en tan diciones inacab lo Br ca, sien chas las qu n su medic áu del u erc re u

BOLETIN DEL MUSEO DEL AIRE. *Número 1, junio de 1989.*

El primer número del Boletín Informativo del Museo del Aire, con el que se pretende difundir bimestralmente las principales actividades desarrolladas por el mismo, así como las novedades que vayan siendo incorporadas a su colección, ha visto la luz el pasado mes de junio.

De un modo sencillo, como su presentación, esta primera publicación del Museo del Aire nos introduce en una apasionante institución para los profesionales y entusiastas de la Aviación, cuyo fin primordial no sólo está orientado a reunir, conservar y dar a conocer verdaderas reliquias de los ingenios y objetos otrora utilizados, sino a recopilar y mostrar documentalmente aquellos datos y hechos personales que, en conjunto, representan la Historia Aeronáutica de nuestro país a lo largo de más de 75 años.

De su reducido pero interesante índice, caben destacar las Secciones "Proyectos en marcha" y "Entrevistas; opiniones", en la primera de las cuales se da amplia información sobre la construcción, en tiempo récord de tres meses, de un segundo hangar que, desde abril último, amplió la capacidad de exhibición de la colección de testimonios histórico-aeronáuticos y donde, aparte las vitrinas para maquetas de aviones a escalas 1/10 y 1/15 y uniformes de aviación, se exhibirán seis aviones "menores", como los CASA-Bücker 1131 y 1133 de grato recuerdo, y las Zlin Z-326 "Trenermaster" —un Campeonato Mundial en sus alas, ganado por el inolvidable Castaños— y Stampe SV-4.

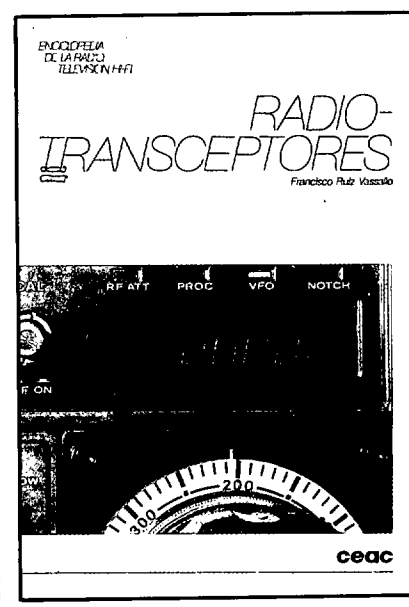
En la segunda de las Secciones citadas, el propio Director del Museo, General Mora, hace un resumen sobre el proceso de gestación, puesta a punto, mantenimiento y futuro de la Institución, añadiendo la agradable noticia de que el Museo participará en la Exposición Mundial de Sevilla, de 1992, dentro de los actos conmemorativos del V Centenario del Descubrimiento de América.

Otras Secciones tratan temas de actualidad, dando noticia de la convocatoria del II Concurso de Maquetismo; "Noticias recientes"; "Historia y efemérides"; "Arqueologia Aeronáutica", y "Fondos pocos conocidos".

De magnífica puede considerarse la idea del Museo de afrontar la publicación de este Boletín Informativo, augurándole, al igual que a la Institución que representa, un prometedor futuro.

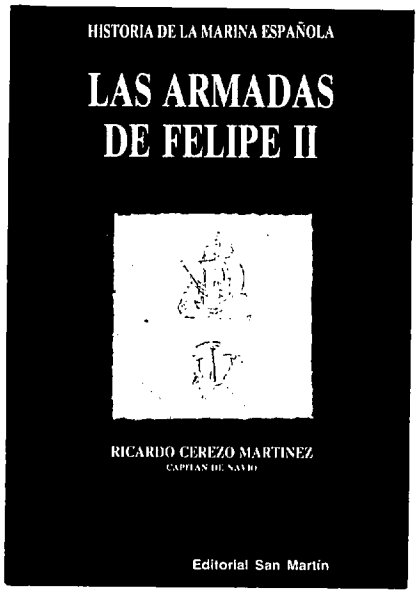
RADIOTRANSCEPTORES, por Francisco Ruiz Vassallo. Un volumen de 620 págs. de 17 × 24 cms. 13 fotografías. 449 dibujos. Publicado por Ediciones CEAC. Perú, 164. 28020-Barcelona. Precio: 3.500 pesetas.

Se puede decir que la Radioafición nació con la radio, desde que en 1898 Guillermo Marconi realizó la primera transmisión telegráfica sin hilos a través del Canal de la Mancha. Pero actualmente las estaciones de radioaficionados han proliferado de forma espectacular así como las de banda ciudadana (BC). La obra que reseñamos, a pesar de que es muy útil para los profesionales de la radio, va principalmente dirigida al radioaficionado. De una forma muy clara y amena se le explican los fundamentos de la emisión y de la recepción de radio. Se empieza estudiando las ondas hertzianas y su propagación. Se pasa a describir las distintas clases de emisión y de modulación (amplitud, banda lateral única, frecuencia, impulsos). Con ello se aborda el importante problema de las antenas y líneas de transmisión, lo mismo para emisión que para recepción. Con bastante detenimiento se desarrollan los transceptores de banda ciudadana (city band) y de radioaficionados, separando emisión de recepción y acompañando el texto con varias tablas muy interesantes, entre ellas la derivada a bandas de frecuencias y potencias para estaciones de radioaficionados. Se incluyen asimismo



numerosos esquemas y diagramas. Se pasa revista a distintos complementos de los transceptores, como son manipuladores, micrófonos, altavoces, auriculares y aparatos de medida. Muy importante es la fuente de alimentación que es la que suministra la energía necesaria para transmitir y recibir, dándose varios esquemas prácticos. Otro problema de los transceptores son las interferencias para las que se dan formas prácticas de reducirlas. Al final de la obra se da una recopilación muy completa de las principales disposiciones legislativas que regulan la radioafición.

INDICE: 1. Ondulatoria. 2. Ondas hertzianas. 3. Propagación de las ondas radioelétricas. 4. Clases de emisión y modulación. 5. Antenas y líneas de transmisión (I). Emisión. 6. Antenas y líneas de transmisión (II). Recepción. 7. El transceptor de CB. (I). Emisión. 8. El transceptor de CB. (II). Recepción. 9. El emisor de radioaficionado. 10. El receptor de radioaficionado. 11. Complementos para transceptores. 12. Fuentes de alimentación. 13. Supresión de interferencias. Apéndice: Reglamentación española sobre estaciones de radioaficionados y CB. Indice detallado.



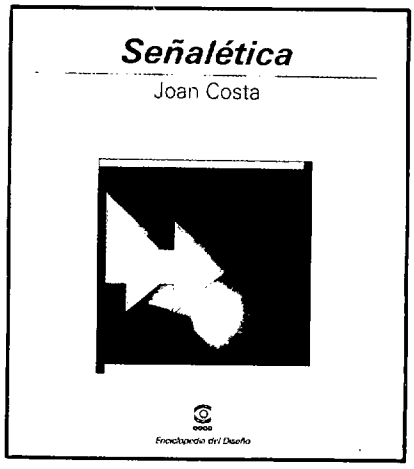
LAS ARMADAS DE FELIPE II, por Ricardo Cerezo Martínez. Un volumen de 440 págs. de 16,5 × 23,5 cms. Publicado por el Instituto de Historia y Cultura Navales en cooperación con Editorial San Martín, S.L. Difusión: Librería San Martín. Puerta del Sol 6. 28013-Madrid.

El Autor, Capitán de Navío, ha publicado ya varios libros de tipo histórico, trata en la presente obra de un tema que ha sido ya muy manido, pero generalmente tratado con muy poca, por no decir ninguna, imparcialidad. El tema debe ser tratado con seriedad, y se lo merece. Esto es lo que ha tratado de conseguir el Autor. A lo largo de toda su obra, escrita con una pluma ágil y amena, nos pinta un cuadro de la situación político-económica de la sociedad europea en la segunda mitad del siglo XVI, en la que el espectacular desarrollo de nuestro Imperio suscitó las suspicacias de las demás potencias europeas, fundamentalmente, Francia e Inglaterra. La primera embarcada en largas luchas intestinas no podía enfrentarse a nosotros con mucho éxito, pero Inglaterra después de haber ahogado en sangre sus posibles divergencias empezó a hostigarnos, fundamentalmente en nuestras dilatadas líneas de comunicaciones con nuestras provincias de Ultramar. Asimismo aprovechándose de lo extenso que eran las orillas de nuestro Imperio, asaltaba por sorpresa muchas de nuestras ciudades americanas. Contra esto último el gobierno español desarrolló un gran plan de fortificaciones costeras del que quedan todavía muchos vestigios. Contra lo primero sólo había un sistema, que era acabar con el poderío naval inglés e incluso con la propia Inglaterra. Para ello nuestro gobierno preparó hasta tres expediciones muy poderosas, en el papel, y que fracasaron, incluso alguna antes de hacerse a la mar. A pesar de ser una obra exhaustiva, ya hemos dicho que está escrita con gran amenidad. Esta obra interesará no solamente al estudioso de la historia, sino al público en general que quiera saber qué pasó exactamente con esas Armadas Invencibles.

INDICE: Prólogo. Capítulo I. Europa: política, sociedad y economía. Capítulo II. La monarquía hispánica: la política de Felipe II. Capítulo III. La proyección ultramarina de la monarquía hispánica. Capítulo IV. Política naval de Felipe II: las construcciones, buques, armas y ciencia náutica. Capítulo V. La táctica naval y la organización de los buques. Capítulo VI. La defensa marítima. Capítulo VII. Afirmación de la política de Felipe II en el Mediterráneo. Capítulo VIII. Lepanto. Capítulo IX. La guerra de los Países Bajos. Capítulo X. Las amenazas corsarias francesa e inglesa. Capítulo XI. Incorporación de Portugal a la corona de Felipe II. Capítulo XII. La campaña de Inglaterra: planes y preparación. Capítulo XIII. La campaña de Inglaterra: ejecución. Capítulo XIV. La contraofensiva inglesa de 1589. Capítulo XV. La reacción española. Bibliografía. Indice onomástico. Indice de ilustraciones.

SEÑALETICA, por Juan Costa. Un volumen de 2560 págs. de 24 × 27 cms. Publicado por Ediciones CEAC. Perú, 164. 28020-Barcelona. Precio: 4.800 pesetas.

Esta obra pertenece también a la Colección Enciclopedia del Diseño, dirigida por Juan Costa, que es al mismo tiempo el autor de este tomo. Juan Costa ha sido profesor de Diseño en la Escuela Elisava y de Comunicación en la Facultad de Ciencias de la Información de la Universidad Autónoma de Barcelona. En 1973 fundó el Centro Internacional de Investigación y Aplicaciones de la Comunicación (CIAC), del cual es actualmente presidente. Asimismo dirige la Biblioteca Internacional de la Comunicación en Méjico. Es miembro de varias organizaciones internacionales dedicadas a la Comunicación y a la Semiótica, temas sobre los cuales ha escrito numerosos libros y artículos. Ha creado y dirigido programas señaléticos para empresas y organizaciones de diferentes países, algunos de los cuales ilustran este libro. La Enciclopedia del Diseño es el resultado del encuentro



de un editor técnico, José Menal, y de un especialista de la comunicación visual, identificados por una misma cocación didáctica y de difusión del Diseño, que es todo el conjunto de actos de reflexión y formalización material que intervienen en el proceso creativo de una obra original (gráfica, arquitectónica, objetal, ambiental). Una parte muy importante del Diseño es la Señalética, que es la parte de la ciencia de la comunicación visual que estudia las relaciones funcionales entre los signos de orientación en el espacio y los comportamientos de los individuos. Asimismo es la técnica que organiza y regula estas relaciones. La Señalética nace de la ciencia de la Comunicación y de la Semiótica, constituyendo una disciplina técnica que colabora con la ingeniería de la organización, la arquitectura, el acondicionamiento del entorno y la ergonomía. Se puede decir que la Señalética empieza con la aparición del hombre. En efecto las pinturas rupestres son muestras primitivas de esta rama de la Ciencia. Se estudia la evolución de la señalización a través de los tiempos, hasta llegar a nuestra época, en la que no podríamos dar un paso si no dispusiéramos de señales, que nos indican por dónde tenemos que ir en coche, en barco, en avión o sencillamente andando. La obra está muy profusamente ilustrada y es indispensable para el que quiera enterarse del asunto, profano o técnico, ya que está escrita con una claridad tal que la hace asequible a todos los públicos.

INDICE: Señalética. La señalética en el contexto de los medios de comunicación social. Los orígenes de la señalética. De la señalización a la señalética. Las premisas señaléticas. Metodología para la creación de programas señaléticos. Conceptos y técnicas señaléticas. Errores en el diseño de programas. Señalética y otras disciplinas del diseño gráfico. Reflexiones a modo de Conclusión. ■

última página: pasatiempos

PROBLEMA DEL MES, por MINURI

Con las nueve cifras del 1 al 9, formar tres números de tres cifras cada uno, de forma que el segundo sea exactamente el doble y el tercero el triple del primer número. No se puede repetir ninguna cifra.

SOLUCION AL PROBLEMA DEL MES ANTERIOR

$1.000.000.000 = 10^9 = (2 \times 5)^9 = 2^9 \times 5^9 =$

$512 \times 1.953.125$

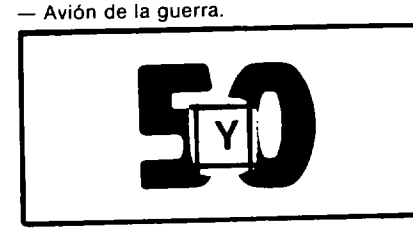
JEROGLIFICOS, por ESABAG.

— ¿Volarán mañana?

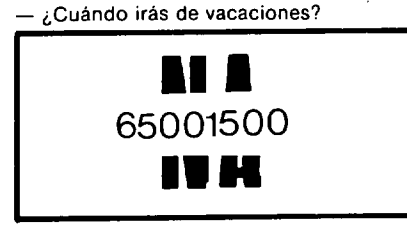
nota

~~HORA~~

— Avión de la guerra.



— ¿Cuándo irás de vacaciones?



— ¿De qué juegas?

500

contracción Ro

SOLUCION JEROGLIFICOS MES ANTERIOR:

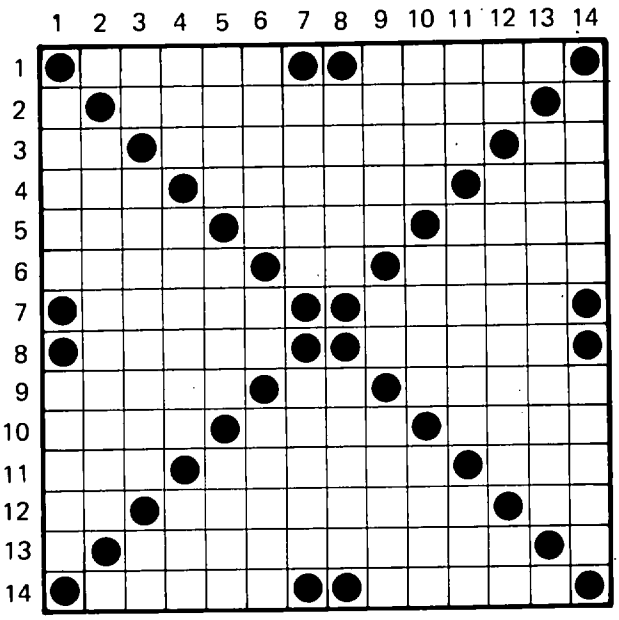
1.— Derrotados.

2.— Gracias, nada más.

3.— Reportero.

4.— Loire.

CRUCIGRAMA 9/89, por EAA.



HORIZONTALES: 1.—Al revés, preposición. Típica bebida asturiana. 2.—Punto cardinal. Nombre del Douglas TBD-1. Un romano. 3.—Dos romanos. Transporte C.Mk-1 de la firma Blackburn. Media madre. 4.—Nombre de mujer. Imaginada en sueños. Fuerzas Armadas. 5.—Centro de una fisura. Medida lineal equivalente a medio palmo. Río italiano. 6.—Transporte ligero DHC-3. Siglas de los aviones Romeo. Adorno de una faja cuyo dibujo se repite. 7.—Arañéis con los dientes. Codificación NATO del transporte soviético Il-12. 8.—Población conquense. Baile. 9.—Asperos y picantes al gusto. Existe. Al revés, una de las cinco partes del mundo (pl.) 10.—Ligas, sujetas con cuerda. Al revés, cuerpo esférico. Al revés, unes con ligaduras. 11.—Al final de Olot. Descantilladas con los dientes. Ente. 12.—Final de infinitivo. Transporte Lockheed C-130. Mitad de un niño. 13.—Punto cardinal. Avión canadiense Found-100. Punto cardinal. 14.—Cierta embarcación. Río español (pl.).

VERTICALES: 1.—Al revés, sentíale. Localidad de la República Federal Alemana. 2.—Preposición. Avión Fokker S-11. Matrícula. 3.—Consonantes de todo. Avión Auster J.I. Negación castiza. 4.—Al revés, nombre de consonante en plural. Verdaderos, efectivos. 5.—Animales con alas. Demuestras alegría. Ciervo de los países nórdicos. 6.—Nombre codificado por la NATO del helicóptero soviético Mi-28. Matrícula. Mayor arteria del cuerpo humano. 7.—Dueño de una cosa. Onomatopeya de cierto elemento del avión. 8.—Relación entre personas. Al revés, ataduras. 9.—Resto de mercancías vendidas a bajo precio. Cuerpo Diplomático. Principio de un balneario. 10.—Simple conocimiento de una cosa. Principio y fin de unas golas. Cierpo número. 11.—Entrego. Embustes, estafas. Garbo, gentileza. 12.—Consonante repetida. Avión italiano FIAT G-50. Artículo. 13.—Matrícula. Bombardero Avro de la Segunda Guerra Mundial. Punto Cardinal. 14.—Letras de mascota. Hermano de Moisés.

* * *

SOLUCION DEL CRUCIGRAMA 8/89

HORIZONTALES: 1.—Local. Papua. 2.—R. Superguppy. C. 3.—As. Beverley. TO. 4.—Mug. Cayuse. Hip. 5.—enaS. NATO. Riga. 6.—odlaS. BA. Coger. 7.—Elles. Albur. 8.—rasiP. Calas. 9.—alreP. Si. Menhi. 10.—Cara. Pogo. Saar. 11.—Ina. Pirate. Sra. 12.—DD. Hiperión. Kn. 13.—0. Airacobras. I. 14.—Capas. oclaC.